



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE CIENCIAS
ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA

**“DISEÑO DE UN REACTOR PARA LA FABRICACIÓN DE RESINAS VINÍLICAS
UTILIZADAS EN LA ELABORACIÓN DE COLAS BLANCAS EN LA EMPRESA
PINTUGLOBAL DEL CANTÓN MOCHA”**

Trabajo de titulación previo a la obtención del título del:
INGENIERO QUÍMICO

AUTOR: ALEX PATRICIO PADILLA CALUÑA

TUTOR: Ing Mario Villacrés

Riobamba-Ecuador

2017

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE CIENCIAS
ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA

El tribunal de Trabajo de titulación certifica que: el presente trabajo de “**DISEÑO DE UN REACTOR PARA LA FABRICACIÓN DE RESINAS VINÍLICAS UTILIZADAS EN LA ELABORACIÓN DE COLAS BLANCAS EN LA EMPRESA PINTUGLOBAL DEL CANTÓN MOCHA**” de responsabilidad del señor Alex Patricio Padilla Caluña ha sido revisado por los miembros del tribunal del Trabajo de titulación, quedando autorizado así su presentación.

FIRMA

FECHA

Ing. Mario Villacrés

Director del trabajo de titulación

.....

.....

Ing. Mónica Andrade

Miembro del tribunal

.....

.....

DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD

Yo, Alex Patricio Padilla Caluña, declaro que el presente trabajo de titulación es de mi autoría y que los resultados del mismo son auténticos y originales. Los textos constantes en el documento que provienen de otra fuente están debidamente citados y referenciados.

Como autor asumo la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este trabajo de titulación.

Riobamba, 28 de Marzo del 2017

Alex Patricio Padilla Caluña
180415405-0

“Yo, Alex Patricio Padilla Caluña, declaro que soy responsable de las ideas, doctrinas y resultados expuestos en este trabajo de titulación, y el patrimonio intelectual del mismo pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo”

Alex Patricio Padilla Caluña

180415405-0

DEDICATORIA

El presente trabajo de titulación dedico a Dios, por haberme permitido llegar hasta este punto y haberme dado salud para lograr mis objetivos, además de su infinita bondad y amor.

De igual forma dedico este trabajo de manera especial a mi madre, por su apoyo, consejos, comprensión, amor, ayuda en los momentos difíciles de mi vida y por apoyarme con los recursos necesarios para culminar con mi carrera universitaria.

De la misma manera dedico a mi padre, ya que es el hombre que me dio la vida y desde mi niñez supo cuidarme y guiarme para ser una persona con buenos valores, por trasmitirme su personalidad para enfrentar la vida.

A mi hermano, que siempre ha estado junto a mí brindándome su apoyo, regalándome su energía de positivismo para ser perseverante y poder llegar a mis objetivos.

A mi hermana, que partió a temprana edad a la gracia de Dios le dedico de manera especial ya que ha estado siempre cuidándome y guiándome desde el cielo.

Y por último dedico a todo el resto de familia y amigos que de una u otra manera me han llenado de sabiduría para culminar mis estudios universitarios.

AGRADECIMIENTO

Agradezco en primer lugar a Dios, por iluminar mi vida y ser mi fortaleza para llegar a cumplir este sueño tan anhelado.

A mis Padres y Hermanos que con su apoyo infinito me brindaron su amor en cada instante del día a día.

De igual manera a todas y cada una de las personas que me brindaron su amistad en el transcurso de mi vida estudiantil y en especial a lo largo de la presente investigación para realizarlo con ganas y concluirlo con alegría.

Así de la misma manera quiero agradecer a mis dos ángeles de vida, a mi tía Alicia Caluña y a mi tío Italo Padilla ya que me brindaron su apoyo en los momentos que más necesitaba de forma económica y moral supieron apoyarme para poder llegar a culminar con éxito mi carrera.

Por último, por su ayuda, aporte y entrega, dejo mi más sincero agradecimiento al Ing. Mario Villacres, a la Ing. Mónica Andrade, de la misma manera a los Profesionales de la Empresa Pintuglobal, al Ing. Marcelo Caluña, al Ing. Fernando Saigua y al Ing. Fernando Orellana. Que con su experiencia y conocimiento dieron paso firme a la conclusión del presente trabajo.

ÍNDICE DE CONTENIDO

PORTADA	i
DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD	iii
AGRADECIMIENTO	vi
ÍNDICE DE CONTENIDO	vii
ÍNDICE DE ABREVIATURAS.....	xi
ÍNDICE DE GRÁFICOS.....	xii
ÍNDICE DE TABLAS	xiii
ÍNDICE DE ANEXOS	xiv
RESUMEN	xv
SUMMARY.....	xvi

CAPITULO I

1	DIAGNÓSTICO Y DEFINICIÓN DEL PROBLEMA.....	17
1.1.	Identificación del problema	17
1.2.	Justificación del proyecto	18
1.3	Línea de base del proyecto.....	19
1.3.1.1.	Reconocimiento del lugar de la investigación	19
1.3.2.1.	Productos.....	20
1.3.2.2.	Resina vinílica.....	20
1.3.2.3.	Cola blanca.....	22
1.3.2.4.	Aspectos económicos.....	23
1.3.2.5.	Tipo de estudio.....	23

1.3.2.6.	Métodos y Técnicas	24
1.3.2.7.	Métodos.....	24
1.3.2.8.	Técnicas	27
1.3.2.9.	Beneficiarios directos e indirectos	28

CAPÍTULO II

2.	OBJETIVOS DEL PROYECTO	30
2.1	Objetivo General	30
2.2	Objetivos Específicos.....	30

CAPÍTULO III

3.	ESTUDIO TÉCNICO	31
3.1	Localización del proyecto	31
3.2.	Ingeniería del proyecto	32
3.2.1	Materia prima.....	33
3.2.1.1	VAM (Monómero Vinil Acetato)	33
3.2.1.2	Alcohol Polivinílico al 88 % de hidrolisis.	35
3.2.1.3	Bicarbonato de sodio.....	37
3.2.1.4	Tergitol.....	38
3.2.1.5	Antiespumante	39
3.2.1.6	Persulfato de Potasio	40
3.2.1.7	DBP (plastificante).....	41

3.2.2	Dimensionamiento de un reactor para la fabricación de resinas vinílicas	42
3.2.2.1	Cálculos del cuerpo del reactor	42
3.2.2.1.1	Cálculo de la capacidad del reactor	43
3.2.2.1.2	Cálculo del volumen del reactor	43
3.2.2.1.3	Cálculo del diámetro del reactor	44
3.2.2.1.4	Cálculo de la altura del reactor	45
3.2.3	Cálculos de la superficie de calentamiento-enfriamiento	46
3.2.3.1	Cálculo de la superficie útil del reactor	46
3.2.3.1.1	Cálculo del número de medias cañas	47
3.2.3.1.2	Cálculo de la superficie lateral del calentamiento-enfriamiento.....	48
3.2.4	Cálculo del diseño del agitador.....	48
3.2.4.1	Cálculo de la distancia del fondo a la base del impulsor	50
3.2.4.1.1	Cálculo del diámetro del impulsor (ϕa).....	50
3.2.4.1.2	Cálculo del ancho de la paleta	51
3.2.4.1.3	Cálculo de la potencia para accionar el impulsor	51
3.2.4.1.4	Cálculo de la potencia del agitador	52
3.2.5	Condensador	53
3.2.5.1	Cálculo del condensador	53
3.2.5.2	Cálculo del número de tubos en el condensador.....	53
3.2.5.3	Cálculo del diámetro del condensador	54
3.2.6	Cálculo del balance de masa general	55
3.2.7	Cálculo del balance de energía	56
3.2.7.1	Cálculo de los Cp Total.....	57
3.2.7.2	Cálculo de Energía	57
3.2.8	Resultados	59

3.3	Proceso de producción	60
3.4	Requerimientos de tecnología, equipos y maquinaria	61
3.5	Análisis de Costo/Beneficio del proyecto	61
3.5.1	Determinación del Valor Actual Neto (VAN)	65
3.5.1.1	Ingresos	65
3.5.1.2	Egresos	66
3.5.2	Determinación de la Tasa Interna de Retorno (TIR)	67
3.5.3	Conclusiones	70
3.5.1.	Recomendaciones	71
3.6	Cronograma del proyecto.....	72
BIBLIOGRAFÍA		73
ANEXOS		77
Anexo 1-1: Montaje del Reactor Prototipo.....		77
Anexo 2-1: Toma de temperatura de reacción.....		77
Anexo 3-1: Reactor prototipo en funcionamiento		78
Anexo 4-3: Dimensiones de bridas clase 150 lb para uso con tubería de acero		79
Anexo 5-3: Valores de esparcimiento de tubos para configuraciones comunes de tubos. 79		
Anexo 6-3: Propiedades de las tuberías de acero		80
Anexo 7-3: Correlaciones de potencia para diversos impulsores y deflectores		81
Anexo 8-1: NORMA NTE INEN-ISO 3219		82
Anexo 9-3: Formulación de Resina		86

ÍNDICE DE ABREVIATURAS

\varnothing_R	Diámetro del reactor
\varnothing_a	Diámetro del impulsor
\varnothing_{ctt}	Diámetro del condensador
m_{rx}	Balance de masa
cap reactor	Capacidad del reactor
E	Distancia del fondo a la base del impulsor
h	Altura
hT	Altura de la torre
kg	Kilogramo
m²	Metro cuadrado
mm	Milímetros
N_{re}	Número de Reynolds
Ø_T	Diámetro de la torre
P	Potencia del Agitador
Q_{reacción}	Balance de energía
V_{reactor}	Volumen del reactor
W	Ancho de la paleta

ÍNDICE DE GRÁFICOS

GRÁFICO 2-1:	POLIMERIZACIÓN VINÍLICA POR RADICALES LIBRES	22
GRÁFICO 4-3:	ESTRUCTURA QUÍMICA.....	33
GRÁFICO 5-3:	FORMULA QUÍMICA DE POLIETENOL.....	35
GRÁFICO 6-3:	ALCOHOL POLIVINILICO.....	36
GRÁFICO 7-3:	FORMULA DE BICARBONATO DE SODIO	37
GRÁFICO 8-3:	FORMULA MOLECULAR.....	41
GRÁFICO 9-3:	REACTOR BATCH	43
GRÁFICO 10-3:	SUPERFICIE DE CALENTAMIENTO-ENFRIAMIENTO	46
GRÁFICO 11-3:	DISEÑO DEL AGITADOR	50
GRÁFICO 12-3:	CONDENSADOR	53
GRÁFICO 13-3:	PROCESO DE PRODUCCIÓN	60
GRÁFICO 14-3:	TASA INTERNA DE RETORNO	68

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1-1:	Validación de los datos de la resina	28
Tabla 2-3:	Localización geográfica del Cantón Mocha.....	31
Tabla 3-3:	Características geográficas del Cantón Mocha	31
Tabla 4-3:	Propiedades físicas de Tergitol	39
Tabla 5-3:	Propiedades Físicas de Persulfato de Potasio.....	40
Tabla 6-3:	Semejanzas geométricas impulsor tipo turbina.....	49
Tabla 7-3:	Resultados	59
Tabla 8-3:	Requerimiento de tecnología, equipos y maquinaria	61
Tabla 9-3:	Detalle de la Inversión	61
Tabla 10-3:	Costos de producción por lote.....	63
Tabla 11-3:	Costos de producto terminado.....	64
Tabla 12-3:	Ventas.....	64
Tabla 13-3:	Datos de la inversión inicial	65
Tabla 14-3:	Ingreso anual	65
Tabla 15-3:	Egresos anuales	66
Tabla 16-3:	Flujo de Efectivo	66
Tabla 17-3:	Proyección anual	66
Tabla 18-3:	Valor Actual Neto	67
Tabla 19-3:	Tasa Interna de Retorno (TIR)	67

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1-1:	Montaje del Reactor Prototipo	77
Anexo 2-1:	Toma de temperatura de reacción	77
Anexo 3-1:	Reactor prototipo en funcionamiento	78
Anexo 4-3:	Dimensiones de bridas clase 150 lb para uso con tubería de acero.....	79
Anexo 5-3:	Valores de esparcimiento de tubos para configuraciones comunes de tubos.	79
Anexo 6-3:	Propiedades de las tuberías de acero	80
Anexo 7-3:	Correlaciones de potencia para diversos impulsores y deflectores	81
Anexo 8-1:	NORMA NTE INEN-ISO 3219	82
Anexo 9-3:	Formulación de Resina.....	86

RESUMEN

La presente investigación es diseñar un reactor para la fabricación de resinas vinílicas utilizadas en la elaboración de colas blancas en la empresa pintuglobal del Cantón Mocha provincia de Tungurahua, en donde se ha utilizado el método inductivo que nos permitió realizar determinaciones de laboratorio donde se obtuvieron los parámetros específicos requeridos (temperatura y concentración), los cuales van a convertirse en nuestro punto de partida para el dimensionamiento del reactor, también utilizamos el método experimental para explicar cómo se obtuvo la resina vinílica por el método de Adición, en el cual vamos a especificar las concentraciones de los reactivos a utilizarse, la capacidad real y teórica del reactor y las temperaturas adecuadas para poder controlar la reacción de polimerización y por último el tiempo necesario que requiere la reacción para polimerizar, en función de ensayos y un banco de pruebas mediante el proceso de simulación se obtuvieron datos experimentales como: velocidad de agitación de 60 rpm, temperatura de reacción 55 °C, flujo de adición de monómero 0,3cm³/min, flujo de adición de persulfato de potasio 0,2cm³/min y el tiempo necesario para la polimerización total del monómero que es de 6 horas, por lo tanto concluimos con la validación del diseño de ingeniería para el reactor Tipo Batch mediante ensayos de laboratorio, y se obtuvieron los siguientes datos: porcentaje de sólidos a 105°C de 36,80%, viscosidad de 37050 cP y un pH de 4,3, dichos parámetros están dentro de lo contemplado en la norma de la empresa pintuglobal y también está sustentada en la norma NTE INEN-ISO 3219, una vez puesto en marcha la investigación, se recomienda a la empresa pintuglobal realizar una matriz de riesgos, identificando como principal riesgo la manipulación de reactivos químicos como el monómero vinil acetato (VAM) y el Persulfato de Potasio.

Palabras Claves: <REACTOR BATCH> <RESINAS VINÍLICAS> <POLIMERIZACIÓN>
<TEMPERATURA> <CONCENTRACIÓN> <MONÓMERO VINIL ACETATO (VAM)>
<MOCHA (CANTÓN)> <TUNGURAHUA (PROVINCIA)> <ADICIÓN>
<DIMENSIONAMIENTO><INGENIERIA QUIMICA>

SUMMARY

The present research deals with the design of a reactor to make vinyl resins used in the production of white glues at the company Pintuglobal, Canton Mocha, Province of Tungurahua, where the inductive method was used to make laboratory determinations obtaining specific parameters required: temperature and concentration, which became the starting point to dimension the reactor, also the experimental method was used to explain how the vinyl resin was obtained. By the Add method, the reagent concentrations of reactives, the actual and theoretical capacity of the reactor and the temperatures suitable for controlling the polymerization reaction were specified; and finally, the time required for the reaction to polymerize. In the function of tests and a test bench, through the simulation process, the experimental data were obtained as: stirring speed of 60rpm, reaction temperature 55°C, flow of monomer addition, 0,3cm³/min, flow of addition of Potassium persulphate 0,2cm³/min and the time required for polymerization; total of the monomer 6hs, therefore, it concluded with the validation of the engineering design for the Type Batch reactor by means of laboratory tests, and they were obtained: percentage of solids at 150°C of 36,80%, viscosity of 37050 cP and a pH Of 4.3; These parameters are within the contemplated in the standard of the company Pintuglobal and based on NTE INEN-ISO 3219 norm. Once the research is started, Pintuglobal is recommended to perform a risk matrix, identifying the manipulation of reagents such as the vinyl acetate monomer (VAM) and Potassium Persulfate.

Keywords: < BATCH REACTOR > <VINYL RESINS> <polymerization> <TEMPERATURE>
<CONCENTRATION> <ACETATE VINYL MONOMETER (VAM)> <MOCHA CANTÓN>
<TUNGURAHUA PROVINCE> <ADDITION> <SIZING><CHEMICAL ENGINEERING>

CAPITULO I

1 DIAGNÓSTICO Y DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

1.1. Identificación del problema

Las resinas vinílicas utilizadas en pinturas se obtienen mediante la reacción de copolímeros de cloruro de vinilo y acetato de vinilo Polímeros de enlace vinilo que dan origen a materias termoplásticas denominadas resinas de vinilo o vinílicas. El principal uso de sus polímeros es en pegamentos, pinturas, textiles y productos de papel.

La resina vinílica es la materia prima que permite la elaboración de pintura arquitectónica y colas blancas. La empresa dedicadas a la producción de pinturas generalmente adquieren de proveedores nacionales e internacionales.

El proceso para la obtención se da a partir de diversos monómeros con dobles enlaces tales como cloruro de vinilo, acetato de vinilo, cloruro de viniliden, se polimerizan por adición y por acción térmica, en forma de compuestos con largas cadenas hidrocarbonadas, en las que pueden aparecer grupos polares que se desempeñan como mejoradores de la adhesión.

La empresa PINTUGLOBAL del cantón Mocha, no cuenta con un equipo para la fabricación de resina vinílica siendo este un compuesto orgánico que sirve como aditivo para la elaboración de cola blanca y pintura, por esta razón la empresa requiere del diseño del reactor para producir su propia resina ya que en la actualidad se pierde tiempo de producción debido a la ineficiencia de los proveedores de resina y gastos excesivos por la transportación de la misma.

1.2. Justificación del proyecto

De acuerdo a la demanda del mercado en cuanto al producto de pinturas arquitectónicas y colas blancas hace posible el diseño de un reactor para obtener resina y evitar los gastos excesivos en la compra de resinas a los proveedores.

La empresa PINTUGLOBAL se encamina a una producción continua y con enfoques a una distribución comercial a nivel nacional. La empresa en la actualidad cuenta con amplias instalaciones para la implementación del reactor.

PINTUGLOBAL tiene la necesidad de fabricar sus propias emulsiones de polivinil acetato (colas blancas) con la aplicación en distintos sectores de la industria. Para ello requiere la disponibilidad de un reactor químico, además cuenta con la infraestructura necesaria para desarrollar nuevas líneas de productos de una base de acrilatos, vinílicos.

La empresa cuenta con un equipo técnico ampliamente experimentado que está siempre en constante formación y evolución. Desarrollando y testeando productos que permiten una mejora continua, trabajando con los sistemas tecnológicos más avanzados para ofrecer soluciones que se adapten a las altas exigencias del mercado.

Es por ello que en la empresa PINTUGLOBAL cuidan y miman al máximo los detalles, realizando los ensayos necesarios a nivel de laboratorio con el fin de conservar y porque no, superar los altos estándares de calidad, producción y servicio manteniendo los precios competitivos que demanda el cliente.

Es por esta razón que la empresa requiere de un estudio sobre el diseño de un reactor para la fabricación de resinas vinílicas utilizadas en la elaboración de colas blancas en la empresa pintuglobal del cantón mocha, para el desarrollo de la empresa de forma económica e investigativa para seguir incursionando en el mercado y en la industria de la pintura.

1.3 Línea de base del proyecto

1.3.1.1. Reconocimiento del lugar de la investigación

Para realizar este trabajo técnico se reconoció la empresa PINTUGLOBAL ubicada en el Cantón Mocha en la Av. El Rey, sector conocido como Chacapamba, de la provincia de Tungurahua, en el cual se evaluaron diferentes aspectos generales que influirán en el proyecto, dentro de los cuales se encuentran aspectos ambientales, económicos, demográficos.

1.3.2. Aspectos ambientales

La Planta PINTUGLOBAL es una Empresa Ecuatoriana, constituida legalmente en el año 2011, misma que se encuentra ubicada en la zona rural del Cantón Mocha, sector conocido como Chacapamba.

Nuestro origen inicia en la ciudad de Cuenca donde trabajábamos y decidimos formar nuestra propia empresa, el 20 de Junio de 2011.

Nos constituimos como una sociedad y formamos PINTURECSA fábrica de pinturas. Actualmente somos una empresa privada cien por ciento ecuatoriana especializada en la fabricación de diversos tipos de recubrimientos.

La planta industrial tiene 5000 m² de instalaciones, basculas para pesaje de materias primas, un Cowles, dos montacargas manuales, un dispersador, bodega para materias primas, bodega para productos terminados, un laboratorio de Control de Calidad, un caldero, etc.

Igualmente, cuenta con materia prima de la más alta calidad lo que garantiza a los clientes el abastecimiento continuo durante todo el año.

1.3.2.1. Productos

1.3.2.2. Resina vinílica

Según (Edward, 2012) la resina vinílica se obtiene de diversos monómeros con dobles conexiones, así tenemos por ejemplo cloruro de vinilo, acetato de vinilo, cloruro de vinilideno entre otros.

La principal característica de la resina vinílica es la presencia del vinilo en su composición, así como de homopolímeros, heteropolímeros, resinas acrílicas, metacrílicas entre otros.

Según lo publicado por, (Textos científicos, 2008); la resina vinílica tiene 2 grandes grupos y estos son:

Policloruro de vinilo (PVC): básicamente son macromoléculas orgánicas que se forman por los diferentes encadenamientos de monómeros de cloruro de vinilo en presencia de un catalizador. También hay que recalcar que es una reacción exotérmica que necesita ser controlada, para así conseguir polímeros homogéneos; para esto hay diferentes métodos utilizados, entre ellos tenemos; polimerización en masa, en emulsión y en suspensión.

Se debe enfatizar también que dentro de este grupo, existen subgrupos y estos son:

- **El PVC rígido:** este se obtiene a través de la combinación y moldeo con la temperatura adecuada de policloruro de vinilo con aditivos excepto plastificantes. Y por consiguiente se consigue un material que es resistente al impacto de la luz, rayos solares e incluso de la intemperie.

Principalmente, este material es utilizado en la carpintería plástica, cortinas de enrollas, planchas, placas y plafones para revestimientos decorativos, cañerías para instalación sanitaria, desagües

- **El PVC flexible:** o conocido también como PVC plastificado, es un material elástico. Los productos que se obtienen de éste, no son resistentes a la intemperie ya que pierde sus componentes; es imputrescible, sólido e inalterable al paso del tiempo. Este tipo de resina puede ser utilizado en láminas finas y estampadas como cortinas de baño

Poliacetato de vinilo (PVA): estos son productos termoplásticos cuyos polímeros transparentes, aunque no cristalizados se obtienen por copolimerización catalítica del acetato de vinilo.

Estos son conocidos en el mercado comercial como productos látex o pinturas plásticas. Hay que recalcar que este producto es utilizado para la elaboración de adhesivos como la cola blanca, que es utilizada en madera.

Polimerización del monómero vinil acetato (VAM)

El acetato de polivinilo es un componente que fue descubierto en Alemania por Fritz Klatte, en el año de 1912. Este componente es utilizado en adhesivos, así por ejemplo tenemos cola de carpintero, cola blanca, cola para madera, cola escolar, cola PVA o cola vinílica.

La estructura química de este componente está dada por:

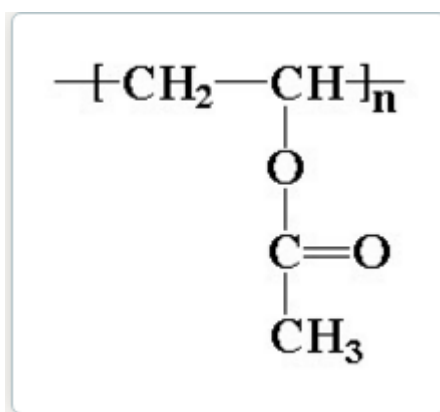


Gráfico 1-1: Estructura Química del polímero

Fuente: (Tecnología de plásticos, 2012)

El acetato de polivinilo es preparado por polimerización vinílica por radicales libres del monómero acetato de vinilo (Tecnología de plásticos, 2012). pp. 3-5

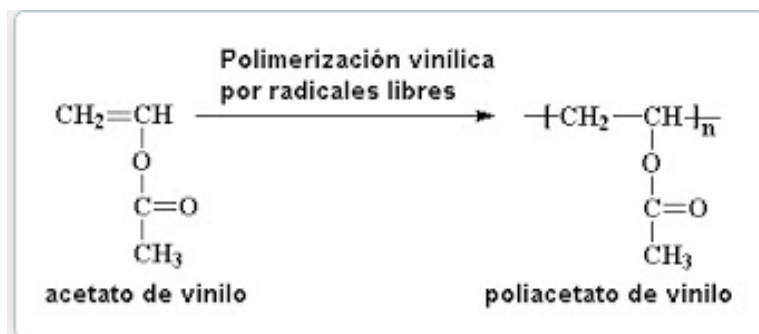


Gráfico 1-1: Polimerización vinílica por radicales libres

Fuente: (Tecnología de plásticos, 2012)

El monómero de acetato de vinilo, fue a escala industrial producido por primera vez por la adición de ácido acético al acetileno con una sal mercurio (I), pero ahora está compuesta principalmente por la adición oxidativa catalizado con paladio de ácido acético al etileno.

1.3.2.3. Cola blanca

La cola blanca es un adhesivo en forma de gel. El mismo que es elaborado a base de homopolímeros de acetato de polivinilo. Y aditivos especiales: con el fin de lograr un pegamento de gran viscosidad para la utilización de este en el encolado de superficies exigentes. (Palcanarias , s.f.) pp. 5-7.

Este tipo de adhesivo es uno de los más usados, también se lo conoce como cola de carpintero, ya que principalmente su uso se destina a superficies como madera, sin embargo también es utilizado sobre cartón papel y otros materiales porosos, aunque este adhesivo sea de color blanco, al momento de secarse este se torna transparente.

Para (Ministerio del Ambiente , 2011) la cola blanca es conocida también como goma, adhesivo o pegamentos; ésta es una sustancia cuya finalidad es mantener unidos a 2 o más superficies bajo el principio de unión mecánica.

Al referirnos a la cola blanca en términos químicos, es un “polímero obtenido mediante la polimerización del acetato de vinilo (Ministerio del Ambiente , 2011) p. 24

Aplicaciones

Según (Palcanarias , s.f.), las aplicaciones que se le puede dar a la cola blanca es el encolado de diferentes superficies, así tenemos por ejemplo:

- Maderas
- Papel
- Cartón
- Corcho
- Mimbre
- Poliestireno
- Manualidades
- Reparación de piezas de cerámica, entre otros.

De la misma manera, este producto es utilizado en la industria general de embalajes para el pegado de etiquetas y precintos; y para lograr mejores resultados es necesario diluirlo con agua.

Antes de aplicar la cola blanca es necesario que la superficie esté seca, limpia y sin astillas que impidan el pegamento correcto.

1.3.2.4. Aspectos económicos

La empresa PINTUGLOBAL tiene un estándar económico aceptable para la realización del proyecto, la compra de materia prima traída desde distintas partes del país y también desde el vecino país de Colombia tiene un costo aproximado de 30000 dólares para la producción de resina por un mes.

1.3.2.5. Tipo de estudio

El proyecto se basa en un estudio analítico-descriptivo ya que se necesita realizar ensayos a nivel de laboratorio para recolectar datos y analizar e interpretar los resultados, para encontrar las condiciones óptimas que nos ayudaran para el mejor dimensionamiento del equipo (reactor) y así obtener una resina con propiedades físico químicas apropiadas para la elaboración de colas blancas.

1.3.2.6. Métodos y Técnicas

1.3.2.7. Métodos

El presente estudio de investigación utilizó la aplicación tanto teórica como experimental para obtener la mejor metodología en respuesta a las posibles interrogantes que se puedan presentar en el transcurso de la obtención de resina vinílica.

Inductivo

Mediante determinaciones de laboratorio se obtuvieron los parámetros específicos requeridos (temperatura y concentración), los cuales van a convertirse en nuestro punto de partida para el dimensionamiento del reactor apropiado para la obtención de resina vinílica para la elaboración de colas blancas. Así como las especificaciones de cantidades de reactivos y materia prima a utilizarse.

Mediante el empleo de un reactor prototipo a nivel de laboratorio, realizamos los ensayos en los cuales se verificara la temperatura a la cual se da a cabo la reacción de polimerización, es decir, obtuvimos el rango de temperatura a la cual se debe mantener durante toda la reacción. Tuvimos como temperatura óptima de 55 C para que se inicie la reacción, donde el rango de temperatura que debemos controlar durante la reacción es de 74 C a 76 C.

Deductivo

A base de diferentes estudios ya realizados tanto a nivel local, nacional e internacionalidad se ha visto imperiosa la utilización de resinas vinílicas usados en la elaboración de colas blancas los mismos que mediante análisis han sido caracterizados, determinándose que son óptimos para su implementación en nuestro proyecto.

Además se establecerá fundamentos de estudios como Transferencia de Calor, Control de calidad y Operaciones Unitarias, cuya aplicación nos permitirá resolver los problemas más frecuentes durante el transcurso del presente estudio; lo cual nos facilitara un mejor dimensionamiento del equipo.

Así como marcos referenciales de diferentes empresas donde nos brindaron apoyo con sus departamentos de calidad, los cuales fueron base guía de límites en las variables operacionales del sistema.

Experimental

Obtención de resina vinílica

A continuación se explica cómo se obtuvo la resina vinílica por el método de Adición, en donde vamos a especificar las concentraciones de los reactivos a utilizarse, la capacidad real y teórica del reactor y las temperaturas adecuadas para poder controlar la reacción de polimerización y por último el tiempo necesario que requiere la reacción para polimerizar.

Materiales y reactivos.

Materiales

- Un balón de 4 bocas de 2L.
- Un refrigerante.
- Dos embudos de separación de 250ml.
- Una U de vidrio.
- Un soporte universal.
- Tres doble nuez.
- Un motoreductor.
- Un reverbero.
- Dos vasos de precipitación de 500ml.
- Un vaso de precipitación de 1000ml.
- Una varilla de vidrio.

- Un termómetro.
- Corchos.
- Teflón.

Reactivos

- Agua.
- Alcohol Poli vinílico al 88 % de hidrolisis.
- Bicarbonato de sodio.
- Tergitol.
- VAM (monómero vinil acetato).
- Antiespumante.
- Per sulfato de Potasio ($K_2S_2O_8$).

Pasos para la obtención de la resina vinílica

Dilución del coloide protector.

Cargamos al balón (reactor) 500g de agua, iniciamos la agitación encendiendo el motor y adicionamos 0,5g de antiespumante, calentamos hasta llegar a una temperatura de 75-80 C, después adicionamos 25g de Alcohol Poli vinílico y mantenemos a esa temperatura durante 40 minutos hasta que se disuelva de forma completa el coloide protector.

Control de proceso: sacamos una muestra y realizamos trazo en vidrio y verificamos la ausencia de grumos.

Adición de la semilla.

Después de la dilución del coloide protector debemos enfriar el balón (reactor) hasta llegar a una temperatura de 55 C, donde vamos a proceder a adicionar directamente al balón (reactor) las soluciones de:

a) Solución de:

299,5g Agua + 4,47g Tergitol.

b) Solución de:

1,25g Bicarbonato de Sodio + 5g Agua

c) Solución de:

0.5g Persulfato de Potasio + 5g Agua

d) Adicionamos 52,5g de VAM (monómero vinil acetato)

Una vez adicionado las semillas dejamos que por exotermia la temperatura suba hasta llegar a 66 C.

Adición de VAM y Persulfato de Potasio

Después de adicionar las semillas y esperar que por exotermia la temperatura suba a 66 C, debemos iniciar la adición de 500g de VAM (monómero vinil acetato), esta adición se la debe hacer en alrededor de 6 horas en un flujo aproximado de $0,3\text{cm}^3/\text{min}$, simultáneamente se debe adicionar a un flujo de $0,2\text{cm}^3/\text{min}$ la solución compuesta por :

1g Persulfato de Potasio + 95g Agua

La temperatura debe mantenerse entre 74-76 C durante el proceso, una vez terminado la adición se debe dejar por una hora de digestión, tomar muestra y chequear monómero libre y estabilidad mecánica, si el % de monómero libre es mayor a 0,5 adicionar 0-0,5g de Persulfato de potasio y enfriar a 50 C.

Homogenizar por 15 minutos y tomar muestra para chequear sólidos, viscosidad y pH.

1.3.2.8. Técnicas

La validación de datos fue sustentado en base a la norma NTE INEN-ISO 3219, ver anexo 8.

Tabla 1-1: Validación de los datos de la resina

TABLA DE VALIDACIÓN DE DATOS DE LA RESINA OBTENIDA					
PARÁMETROS	DEMANDA DE MERCADO	EXPERIMENTACIÓN	CUMPLE		OBSERVACIONES
			SI	NO	
Porcentaje de solidos a 105°C	36-38(%)	36,80%	X		El porcentaje de solidos se realizó mediante el secado de una muestra en papel aluminio, se sometió la muestra a secado en una estufa a 105°C por una hora.
Viscosidad	30000 – 40000 cP	37050 cP	X		La resina obtenida experimentalmente fue sometida a la prueba de viscosidad con un equipo llamado viscosímetro de tipo Brookfield donde se obtiene el resultado de la viscosidad de la resina
pH	4-5	4,3	X		El pH se determinó de forma directa mediante un equipo llamado pH-metro, el cual arrojó el valor de forma directa del pH de la resina

Elaborado por: PADILLA, Alex, 2017

1.3.2.9. Beneficiarios directos e indirectos

1.3.3. Directos

El beneficiario directo del trabajo de titulación planteado, es la empresa PINTUGLOBAR quienes avala la investigación del diseño del reactor para la fabricación de la resinas vinílicas y su implementación.

1.3.4. Indirectos

Son las personas que adquieran el producto fabricado por la empresa PINTUGLOBAL, pobladores cercanos a la empresa (creación de fuentes de trabajo)

CAPÍTULO II

2. OBJETIVOS DEL PROYECTO

2.1 Objetivo General

Diseñar un reactor para la fabricación de resinas vinílicas utilizadas en la elaboración de colas blancas en la empresa PINTUGLOBAL del Cantón Mocha.

2.2 Objetivos Específicos

- Realizar un proceso simulación para la preparación de resinas vinílicas requeridas en la producción de colas blancas.
- Obtener datos experimentales del proceso de simulación.
- Identificar las variables de proceso que caracterizan a la producción de resinas vinílicas.
- Realizar cálculos de ingeniería para el diseño del reactor Tipo Batch para la producción de resinas vinílicas
- Validar el diseño de ingeniería para el reactor Tipo Batch

CAPÍTULO III

3. ESTUDIO TÉCNICO

3.1 Localización del proyecto

3.1.1. Localización Geográfica

La Planta PINTUGLOBAL es una Empresa Ecuatoriana, constituida legalmente en el año 2011, misma que se encuentra ubicada en el Cantón Mocha en la Av. El Rey, sector conocido como Chacapamba, de la provincia de Tungurahua.

Tabla 2-3: Localización geográfica del Cantón Mocha

Provincia:	Tungurahua
Cantón:	Mocha
Parroquia:	Matriz
Sector:	Chacapamba
Calle/Av.	El Rey

Elaborado por: PADILLA, Alex, 2017

Tabla 3-3: Características geográficas del Cantón Mocha

Límites		Rango Altitudinal	Clima
Norte: Cantones Tisaleo, Cevallos y Quero	Sur: Provincia de Chimborazo	Mocha se encuentra ubicada a 3280 m.s.n.m.	De 0 a 10°C.
Este: Cantones Tisaleo, Cevallos y Quero	Oeste: Ciudad de Ambato		

Fuente: Plan de Ordenamiento Territorial de Mocha

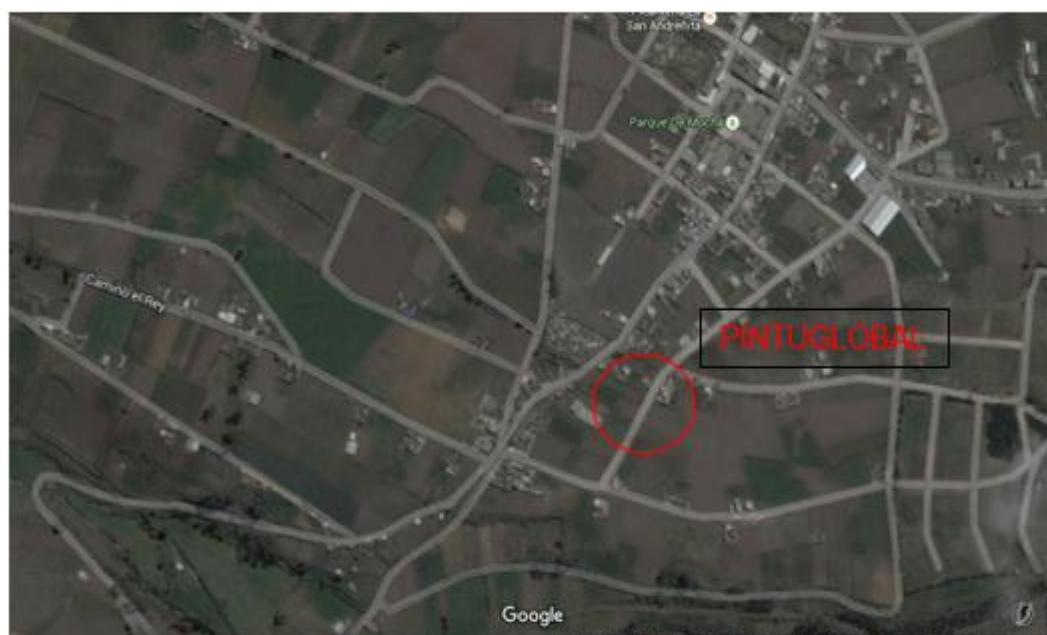


Gráfico 3-3: Localización de la Empresa PintuGlobal

Fuente: Google Map

3.1.2 Microlocalización

Su cabecera es Mocha; cuenta con dos parroquias:

- La Matriz
- Pinguilí Santo Domingo (Pinguilí S.D. o Pinguilí).

3.2. Ingeniería del proyecto

3.2.1 Materia prima

3.2.1.1 VAM (Monómero Vinil Acetato)

Definición

Denominado monómero de vinilo, este compuesto es un líquido con propiedades inflamables, soluble en agua, incoloro y reactivo, posee un olor característico afrutado mínimamente, este olor puede tornarse irritante e intenso en proporciones altas.

El VAM se caracteriza por ser una sustancia química esencial que es utilizada en la producción de una amplia diversidad de copolímeros mismos que son manipulados en una gran variedad de productos industriales y comerciales. Es importante mencionar que esta sustancia no es usada directamente como sustancia individual para el consumidor (Consejo de Acetato de Vinilo, 2010)

De acuerdo al Consejo de Acetato de Vinilo, 2010, pág. 4, las propiedades de VAM son las siguientes descritas a continuación:

Nombre químico: Acetato de vinilo

Nombre común: Acetato de vinilo

Sinónimos: Éster de vinilo del ácido acético; Monómero de acetato de vinilo; Acetato de etenilo; 1-acetoxietileno;

Fórmula química: $\text{CH}_3\text{COOCH}=\text{CH}_2$ (Consejo de Acetato de Vinilo, 2010, pág. 4)

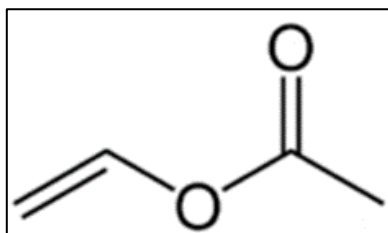


Gráfico 2-3: Estructura Química

Fuente: (Consejo de Acetato de Vinilo, 2010)

Características:

A continuación se describirán las características específicas que posee el compuesto Monómero de Vinilo, propiedades que están descritas como peligrosas de acuerdo al (Consejo de Acetato de Vinilo, 2010) pp. 1-5

Inflamabilidad

Dicho compuesto es considerado inflamable debido a que su punto de inflamabilidad es por debajo de los 37°C, al mezclarse con el aire a temperatura ambiente, el monómero de vinilo puede crear un vapor inflamable; debido a que sus vapores son considerados como pesados más que el aire, estos vapores pueden recorrer trayectorias grandes hasta una fuente de ignición y provocar combustión en dicho punto.

Reactividad

El Acetato de Vinilo es una molécula reactiva. Únicamente bajo circunstancias específicas como, si se encuentra en estado inhibido, o si las precauciones de almacenaje y manejo no son las adecuadas; dicha sustancia puede empezar una polimerización descontrolada. Habitualmente el VAM se embarca en un inhibidor de polimerización, generalmente con hidroquinona. Mediante un proceso de inhibición asertivo, el monómero de vinilo es estable bajo si se cumplen con las condiciones que son recomendadas para su conservación. (Ibidem, 2010) p. 10

Además una amplia exposición de esta sustancia a calores extremos, o a la presencia de la luz solar, ultravioleta o en su defecto a la radiación, es motivo de causar la polimerización inmediata. Esta reacción más el calor y la presión que se genera, puede llegar a ocasionar la ruptura de los contenedores que no posean una adecuada ventilación, ocasionando derrames, producción de vapor, dando como resultado un incendio. (Ibidem, 2010) p. 10

Efectos a la salud

Para el ser humano el acetato de vinilo posee un efecto irritante que afecta a las vías respiratorias, a los ojos y la piel, su contacto con dichos órganos debe ser evitado a toda costa ya sea de los vapores emitidos por esta sustancia o el contacto directo con los líquidos que la contenga. El monómero de vinilo produce irritación, enrojecimiento e hinchazón en los ojos, además este compuesto no es sensibilizador para la piel, la Agencia Internacional de Investigación del Cáncer considera al acetato de vinilo como cancerígeno del grupo 2B, es decir que es posiblemente cancerígeno para los humanos. (Consejo de Acetato de Vinilo, 2010) pp. 1-5

3.2.1.2 Alcohol Polivinílico al 88 % de hidrolisis.

Definición

Es también llamado polietenol, dicho compuesto es un polímero cuya solubilidad es posible en agua, su fórmula química es $(C_2H_4O)_n$, su estructura química se puede evidenciar en la figura siguiente (Álvarez Blanco & Zaragoza Carbonell, 2012) pp. 1-20

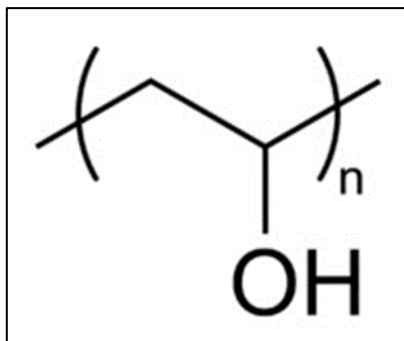


Gráfico 3-3: Formula Química de Polietenol

Fuente: (Álvarez Blanco & Zaragoza Carbonell, 2012)

Además se puede mencionar que el Alcohol Polivinílico es considerado inestable con respecto a la isomerización a acetaldehído su polímero debe prepararse por métodos indirectos. Este existe exclusivamente en la forma tautoméricas, el acetaldehído. El PVOH es preparado por alcoholólisis

que puede ser total o parcial de acetato de polivinilo con el objetivo de eliminar los grupos acetato. (Álvarez Blanco & Zaragoza Carbonell, 2012) pp. 1-20

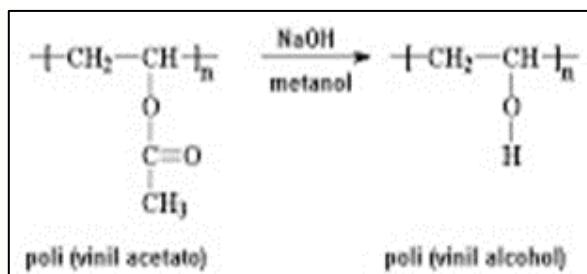


Gráfico 4-3: Alcohol Polivinílico

Fuente: (Álvarez Blanco & Zaragoza Carbonell, 2012)

En el momento de llevar a cabo la alcoholólisis es posible utilizar etanol o metanol, con un ácido o una base como catalizador; se sugiere a la hidrólisis alcalina por tener una rápida acción, la hidrólisis ácida provoca por el contrario una reacción no deseable. La alcoholólisis se da generalmente disolviendo el acetato de vinilo en el alcohol, añadiendo el catalizador y exponiéndolo a una temperatura alta. (Álvarez Blanco & Zaragoza Carbonell, 2012) pp. 1-20

Características

A continuación serán mencionados ciertos usos que este compuesto conlleva de acuerdo a su tipología, ya que es la materia prima de otros polímeros como los siguientes:

El nitrato de vinilo es utilizado en ciertos propulsores y explosivos que tienen características moldeables. El polivinil acetales, estos son preparados por reacción de aldehídos con el alcohol de polivinilo, la preparación de butiral de polivinilo es el mayor uso del alcohol polivinílico en los países de Europa Occidental y Estados Unidos.

El polímero considerado como más importante, es el utilizado como capa plástica intermedia por los vidrios de seguridad de aviones y automóviles, además es utilizado como recubrimientos de tanques de gasolina y cables eléctricos. (Álvarez Blanco & Zaragoza Carbonell, 2012) pp. 1-20

3.2.1.3 Bicarbonato de sodio

Definición

También llamado carbonato ácido de sodio, su fórmula es (NaHCO₃), este es un componente que se encuentra en el ambiente, específicamente en depósitos minerales existentes alrededor del mundo. (QuimiNet, 2006) p. 5

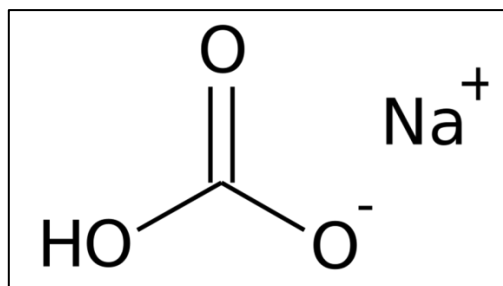


Gráfico 5-3: Fórmula de Bicarbonato de sodio

Fuente: (QuimiNet, 2006)

Características

A continuación se describirán las propiedades principales de este compuesto, así como también sus usos y aplicaciones descritas de acuerdo al autor corporativo. (QuimiNet, 2006) p. 5

En tal contexto se obtiene que el bicarbonato de sodio es un compuesto natural, biodegradable, sus componentes no son tóxicos, se encuentra como polvo blanco o terrones cristalinos, posee un sabor alcalino levemente fresco, es soluble en agua e insoluble en alcohol, es estable en aire seco y debido a sus características de absorción de agua, este compuesto tiende a formar grumos y a endurecerse durante el almacenamiento. (QuimiNet, 2006) p. 5

Este compuesto es uno de los ingredientes que brinda mayor utilidad debido a su versatilidad, es usado en cocina, para limpieza, en tratamientos medicinales y demás. Es utilizado para la creación de productos de belleza, de baño, es utilizado como antiácido ya que posee una propiedad neutralizante en el estómago, es regulador de pH, usado también en el tratamiento de lana y seda, estos entre algunos de los usos que se dan al carbonato ácido de sodio.

3.2.1.4 Tergitol

Descripción

Su nombre científico es Nonilfenol Etoxilado, sus características de surfactante es de tipo no iónico, entre sus beneficios se describen a este compuesto como una sustancia que es emulsionante y estabilizador con un alto grado de solubilidad en agua, es eficaz en la presencia de altas temperaturas, posee un excelente poder detergente, además sus características de solubilidad son versátiles, posee un bajo olor y humectación excepcional.

Características

A continuación se describirán las aplicaciones pertinentes de este compuesto:

El Tergitol, es un agente humectante y estabilizador, además actúa como emulsionante y dispersante y es utilizado en la producción de agroquímicos. Poseen características de solubilidad en agua, en solventes clorados y en la mayoría de los solventes polares, son químicamente estable en presencia de ácidos, bases y sales diluidos además es compatible con jabones, surfactantes aniónicos y otros surfactantes no iónicos y muchos solventes orgánicos.

A continuación se describen las propiedades físicas típicas del compuesto.

Tabla 4-3: Propiedades físicas de Tergitol

PROPIEDADES FÍSICAS TÍPICAS	
Activos, % en peso	70
Punto de Turbidez	<100
HLB	17.1
Moles de EO	30
Punto de Fluidez (3)	-8
Aspecto líquido amarillento	Líquido amarillento
pH, solución acuosa al 1%	8
Densidad a 20°C (68 °F), g/mL	1.092
Punto de inflamación, método de vaso cerrado, ASTM D93	Ninguno

Elaborado por: PADILLA, Alex, 2017

Fuente: (The Dow Chemical Company, 2013)

3.2.1.5 Antiespumante

Definición

Son agentes tensoactivos que operan por medio de tensiones superficiales intermedias esto hará que la espuma se desestabilice y el aire retenido en la emulsión sea liberado. Por tal motivo la tensión superficial de los antiespumantes debe ser inferior a la del agente surfactante. (Stump, 2011) pp. 3-18

Características

A continuación se mencionaran algunas especificaciones de la sustancia, sus aplicaciones y usos, referidos por el autor. (Stump, 2011) pp. 3-18

Existen diferentes tipos de antiespumantes cada cual con composiciones químicas distintas, permitiendo la adaptabilidad a la variedad de sistemas existentes en el mercado. Así se pueden encontrar antiespumantes de tipo orgánico mismos que son creados con base de aceites minerales los cuales resultan tener un excelente desempeño y representan costos no muy elevados; además existen los antiespumantes de tipo siliconados estos son descritos como sustancias altamente efectivos en bajos niveles de dosificación; también existen antiespumantes de tipo molecular

mismos que poseen cualidades de compatibilidad con la mayoría de los sistemas. (Stump, 2011) pp. 3-18

Bajo estas condiciones se obtiene que los antiespumantes son aplicados en los siguientes casos como en la fabricación de recubrimientos, adhesivos, plásticos y de lubricantes, así como en la aplicación de tintas y obtención de resinas, siendo estas las aplicaciones más destacadas. (Stump, 2011) pp. 3-18

3.2.1.6 Persulfato de Potasio

Definición

Químicamente denominado Peroxisulfato de Potasio, su fórmula química es $K_2S_2O_8$, este compuesto es caracterizado como cristales blancos, son solubles en agua e insolubles en alcohol y se descompone antes de los $100^{\circ}C$.

Características

A continuación se describirán las propiedades que posee el compuesto Persulfato de Potasio, sus aplicaciones y los efectos que producen a la salud

Tabla 5-3: Propiedades Físicas de Persulfato de Potasio

PROPIEDADES FÍSICAS TÍPICAS	
Apariencia	Cristales blancos
pH (solución al 1%)	5.0 - 8.0
Cloro	0.05 % max
Manganeso	10 ppm max
Metales pesados como Pb	20 ppm max
Acido libre	0.1 max
Solubilidad (gr $K_2S_2O_8$ /100 gr muestra a $20^{\circ}C$)	5.2

Elaborado por: PADILLA, Alex, 2017

Fuente: (Ospina, 2012)

Es utilizado en conjunto con otros componentes para la fabricación de acrílicos, poliestirenos, PVC y neopreno, además este compuesto es iniciador para formular el concreto polimérico, también ayudan al recubrimiento polimérico de filamentos de grafito, además es usado como un agente de

curado en los sistemas de inyección de lodos químicos, los persulfatos son también utilizados para limpiar y laminar diferentes materiales como aluminio, cobre, latón y otras superficies de tipo metálicas; en farmacéutica este compuesto es utilizado como agente para preparar antibióticos, también es utilizado para la fabricación de adhesivos, gas, aceite, tintas, pigmentos, dispersantes, entre otras aplicaciones. (Ospina, 2012) p. 1

En cuanto a los efectos que se producen en la salud, esta sustancia se describe como peligrosa, ya que al contacto con los ojos produce posibles quemaduras e irritaciones, cuando tiene contacto con la piel provoca enrojecimiento y de igual manera posibles que maduras, si este compuesto es inhalado provoca irritación en las membranas de la mucosa, dificultad respiratoria, sensación de vómito, laringitis, edema pulmonar, entre otras complicaciones, si el Persulfato de potasio es ingerido provoca dolor abdominal, vómito, náuseas, vómito, es considerado un producto nocivo en caso de ingestión o contacto directo con el ser humano. (Ospina, 2012) p. 1

3.2.1.7 DBP (plastificante)

Definición

Es un compuesto que posee la misma estructura central de DIDP y de DINP, con la diferencia de que posee dos cadenas laterales más cortas enganchadas, cada una con cuatro átomos de carbono, también es llamada DNBP. (Oficina Europea de Sustancias Químicas (ECB), 2003) p. 14

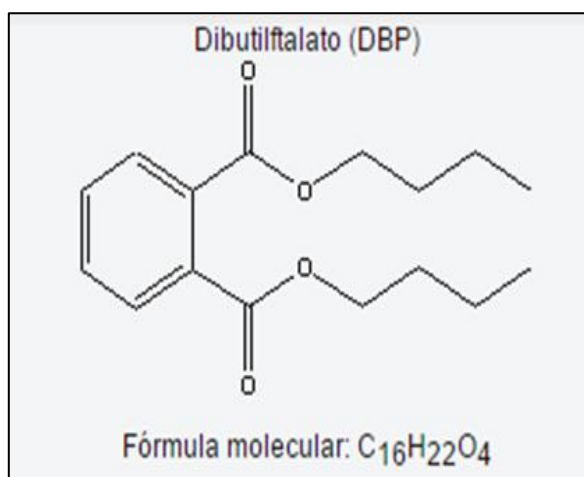


Gráfico 6-3: Formula Molecular

Fuente: (Oficina Europea de Sustancias Químicas (ECB), 2003)

Características

En la década de los años 1990 un 75% del DBP se utilizaba a manera de plastificante como el PVC, también en adhesivos, tintas de impresión, en productos de construcción, además era utilizado como aditivo en la fabricación de cosméticos y productos de belleza como, desodorantes, fijadores de pelo, perfume, esmalte de uñas, entre otros.

En la actualidad este compuesto está prohibido para la fabricación de juguetes, cosméticos, y demás productos, ya que DBP es considerado como altamente cancerígeno, tóxico para la reproducción y posee características mutagénicas. (Oficina Europea de Sustancias Químicas (ECB), 2003) p. 14

3.2.2 Dimensionamiento de un reactor para la fabricación de resinas vinílicas

3.2.2.1 Cálculos del cuerpo del reactor

Reactor Batch

También conocido como Reactor Intermitente de Tanque Agitado, es usado a menudo en investigaciones cinéticas pero también se lo usa con fines industriales. (Fernández, 2015)

Según la (Facultad de Ciencias Químicas, Universidad Veracruzana, s.f.), el reactor de tipo Batch es aquel en el que no existe flujo de entrada ni de salida, es decir es un tanque es donde lo que se busca y está permitido y exista una reacción química.

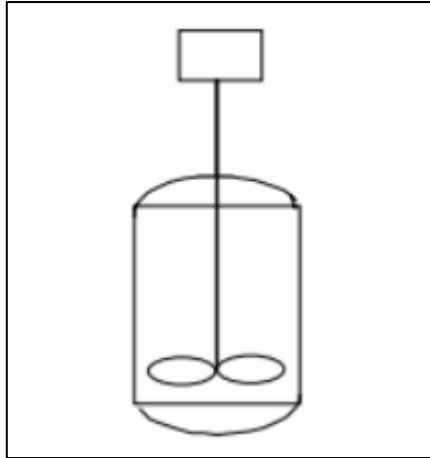


Gráfico 7-3: Reactor Batch
Fuente: (Cuevas, 2009)

3.2.2.1.1 Cálculo de la capacidad del reactor

Tenemos:

- **Volumen Teórico** 100%
- **Volumen Útil (Real)** 75-80%

Para empezar el diseño tomamos el volumen teórico, es decir, el 100% de su capacidad

Capacidad del reactor= 4500 kg

3.2.2.1.2 Cálculo del volumen del reactor

Masa= 4500 kg de resina

Densidad de la resina= $1,01 \frac{g}{cm^3}$

$$\rho = \frac{m}{v}$$

Ecuación 1-3:

$$v = \frac{m}{\rho}$$

$$v = \frac{4500 \text{ kg}}{1,01 \frac{g}{cm^3} * \frac{1 \text{ kg}}{1000g}}$$

$$v = \frac{4500 \text{ kg}}{1,01 \times 10^{-3} \frac{\text{kg}}{\text{cm}^3}}$$

$$v = 4455445,54 \text{ cm}^3$$

$$v = 4,5 \text{ m}^3$$

3.2.2.1.3 Cálculo del diámetro del reactor

El diámetro del reactor se obtiene a partir de la siguiente ecuación:

$$V = A * h$$

Ecuación 2-3:

Donde:

V: Volumen del reactor

A: Arco del cilindro

h: Altura

$$A = \pi r^2 \Rightarrow \text{Arco de un cilindro}$$

Sabemos que:

$$d = 2r \Rightarrow r = \frac{d}{2}$$

Donde:

d: Diámetro

r: Radio

Reemplazamos el radio en la fórmula del arco y nos queda:

$$A = \pi \left(\frac{\emptyset}{2}\right)^2$$

Ecuación 3-3:

$$A = \pi \frac{\emptyset^2}{4}$$

Luego esta área reemplazamos en la fórmula de volumen y nos queda:

$$V = \pi \frac{\emptyset^2}{4} * h$$

Ecuación 4-3:

Tenemos la relación de diámetro/altura que es la siguiente:

$$h = (1,25 - 2,00)\emptyset$$

Por estabilidad tomamos el valor de 1,3 y nos queda:

$$h = 1,3. \emptyset$$

Reemplazamos la altura en la ecuación del volumen y nos queda:

$$v = \pi \frac{\emptyset^2}{4} * 1,3\emptyset$$

Ecuación 5-3:

Despejamos el diámetro:

$$\emptyset_R^3 = \frac{4v}{\pi. 13}$$

$$\emptyset_R = \sqrt[3]{\frac{4v}{1,3\pi}}$$

$$\emptyset_R = \sqrt[3]{\frac{4.4455445,54cm^3}{1,3\pi}}$$

$$\emptyset_R = 163,41 \text{ cm}$$

$$\emptyset_R = 1,63 \text{ m}$$

3.2.2.1.4 Cálculo de la altura del reactor

$$h = 1,3 * \emptyset$$

$$h = 1,3 * 163,41 \text{ cm}$$

$h = 212,43 \text{ cm}$

$h = 2,12 \text{ m}$

3.2.3 Cálculos de la superficie de calentamiento-enfriamiento

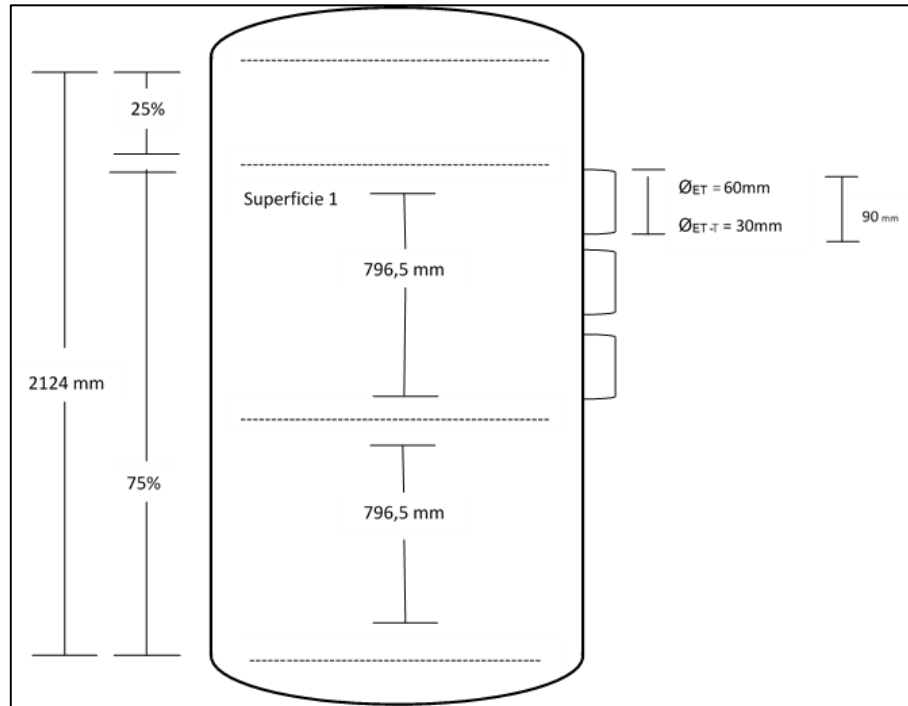


Gráfico 8-3: Superficie de calentamiento-enfriamiento
Elaborado por: PADILLA, Alex, 2017

Donde:

\varnothing_{ET} = Diámetro externo del tubo

\varnothing_{ET-T} = Espacio entre tubos

3.2.3.1 Cálculo de la superficie útil del reactor

$$\text{Superficie útil} = \frac{h * 75\%}{100\%}$$

$$\text{Superficie útil} = \frac{2124 \text{ mm} * 75\%}{100\%}$$

$$\text{Superficie útil} = 1593 \text{ mm.}$$

$$1,59 \text{ m.}$$

Donde:

h= altura del reactor

75%= capacidad útil del reactor

100%= capacidad total del reactor

3.2.3.1.1 Cálculo del número de medias cañas

Tubería de acero inoxidable de cedula 40 con diámetro de 2 pulgadas

$$\phi_{\text{tubo}}^{\text{externo}} = 2,375 \text{ pulg} \Rightarrow \text{véase Anexo 6}$$

$$\phi_{\text{Tubo}}^{\text{Externo}} = 2,375 \text{ pulg} * \frac{25,4 \text{ mm}}{\text{pulg}}$$

$$\phi_{\text{Externo}} = 60,32 \text{ mm}$$

$$\# \text{ Medias cañas} = \frac{S_1 + S_2}{\phi_{\text{tubo}}^{\text{externo}} + E_{T-T}}$$

$$\# \text{ Medias cañas} = \frac{796,5 \text{ mm} + 796,5 \text{ mm}}{60,32 \text{ mm} + 30 \text{ mm}}$$

$$\# \text{ Medias cañas} = 17,63$$

$$\# \text{ Medias cañas} = 17$$

Donde:

S1= Superficie 1

S2= Superficie 2

$\phi_{Tubo}^{Externo}$ = Diámetro externo de cada tubo

E_{T-T}= Espacio entre cada tubo

3.2.3.1.2 Cálculo de la superficie lateral del calentamiento-enfriamiento

$$SL = \phi_1 * \phi_2 * \# \text{ cañas}$$

$$SL = 1634mm * 2\cancel{pulg} * \frac{25,4mm}{\cancel{pulg}} * 17$$

$$SL = 1411122,4mm^2$$

$$SL = 1,4m^2$$

Donde:

SL= Superficie lateral de calentamiento-enfriamiento

ϕ_1 = Diámetro del reactor

ϕ_2 = Diámetro interior de la tubería

#caños= Número de medias cañas

3.2.4 Cálculo del diseño del agitador

La agitación consiste básicamente en la creación de movimientos entre líquidos, o líquidos y sólidos para mezclarlos, buscando homogeneidad. Prácticamente esta operación interviene en todos los procesos industriales.

“Un agitador consiste en uno o varios móviles montados sobre un árbol que es accionado por una cabeza motriz” (GyG Ingenieros , 2011). Existen varios tipos de agitadores según (Castillo, 2013) entre estos tenemos:

- Agitadores de Flujo axial
- Agitadores de flujo radial
- Agitadores de paso cerrado

Para el tanque del Reactor

$h = 2124 \text{ mm}$

$\varnothing_R = 1634 \text{ mm}$

Tabla 6-3: Semejanzas geométricas impulsor tipo turbina

$W/Da = 0,2$	$Da/Dt = 0,33$	$E/Dt = 0,33$
--------------	----------------	---------------

Fuente: (Castillo, 2013)

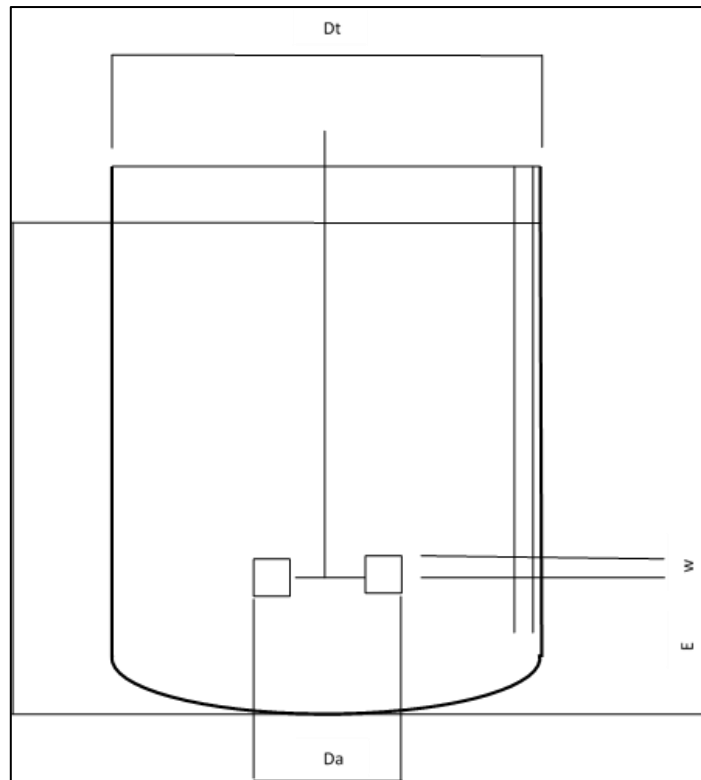


Gráfico 9-3: Diseño del agitador
Elaborado por: PADILLA, Alex, 2017

3.2.4.1 Cálculo de la distancia del fondo a la base del impulsor

$$E/\phi_R = 0,33$$

$$E = 0,33 * \phi_R$$

$$E = 0,33 * 1634mm$$

$$E = 539,22 \text{ mm}$$

$$E = 0,54 \text{ m}$$

3.2.4.1.1 Cálculo del diámetro del impulsor (ϕ_a)

$$\phi_a/\phi_R = 0,33$$

$$\phi_a = 0,33 * \phi_R$$

$$\phi_a = 0,33 * 1634mm$$

$$\phi_a = 539,22 \text{ mm} \approx 540 \text{ mm}$$

$$0,54 \text{ m}$$

3.2.4.1.2 Cálculo del ancho de la paleta

$$\frac{W}{\phi_a} = 0,2$$

$$W = 0,2 * \phi_a$$

$$W = 0,2 * 1145mm$$

$$W = 229mm \approx 230 \text{ mm}$$

$$0,23 \text{ m}$$

3.2.4.1.3 Cálculo de la potencia para accionar el impulsor

Cálculo del número de Reynolds

Se calculó mediante la siguiente fórmula:

$$N_{RE} = \frac{\phi^2 * N * P}{u}$$

Ecuación 6-3:

Donde:

ϕ^2 = Diámetro del impulsor (m)

N= Número de revoluciones por segundo

u= Viscosidad del fluido (Pa.s)

P= Densidad del fluido (kg/m³)

Para lo cual:

u=1.5 Pa.s

P= 1010 kg/m³

Con esto tenemos:

$$N_{RE} = \frac{\phi^2 * N * P}{u}$$

Ecuación 7-3:

$$N_{RE} = \frac{(0,55m)^2 * (1 \text{ Re/s}) * 1010 \text{ kg/m}^3}{1,5 \text{ Pa.s}}$$

$$N_{RE} = 203,68 \approx 205$$

$$N_{RE} = \mathbf{205}$$

3.2.4.1.4 Cálculo de la potencia del agitador

Por medio de la gráfica del número de potencia NP en función de N_{RE}, el número de potencia es:

$$N_p = \frac{P}{P * N^3 * \phi t^5}$$

Ecuación 8-3:

Con el número de Reynolds utilizamos la gráfica de correlaciones de potencia tomando en cuenta la curva 5, **ver Anexo 7**, teniendo un valor de:

$$N_p = 0,60$$

Donde una potencia de:

$$P = 30HP$$

3.2.5 Condensador

Es el intercambiador de calor más utilizado en diferentes aplicaciones industriales, básicamente se compone de una gran cantidad de tubos contenidos en un casco. La transferencia de calor procede al “momento de mover por el interior de los tubos mientras que el otro se mueve por fuera de éstos, por el casco” (Ponce, s.f)

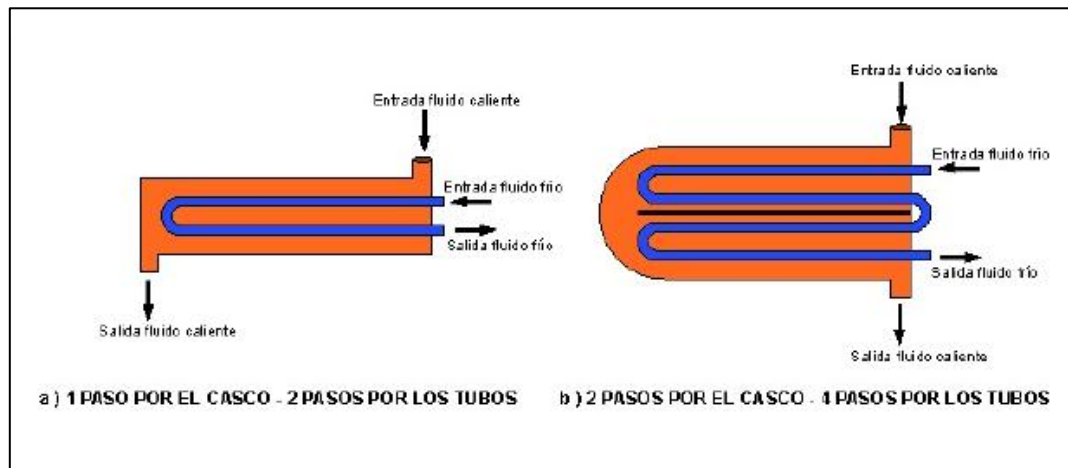


Gráfico 10-3: Condensador
Fuente: (Ponce, s.f)

3.2.5.1 Cálculo del condensador

Consideraciones

- Vamos a utilizar tubos de acero inoxidable de un diámetro
 $\phi_T = \frac{3}{4} \text{ pulg} = 0,019m.$
- Los tubos de acero inoxidable viene de fábrica con una longitud de 5,95m., por lo tanto vamos a contarlos por la mitad y la longitud de nuestro condensador será de 2,97m.

3.2.5.2 Cálculo del número de tubos en el condensador

- Área de cada tubo

$$A_{CT} = \pi * \phi * L$$

Ecuación 9-3:

Donde:

ϕ = Diámetro externo del tubo

L= Longitud del tubo

$$A_{CT} = \pi.0,019m * 2,97m$$

$$A_{CT} = 0,177m^2$$

$$N_{Tubos} = \frac{\text{Área de enfriamiento-co}}{\text{Área de cada tubo}}$$

Ecuación 10-3:

$$N_{Tubos} = \frac{12m^2}{0,177m^2}$$

$$N_{Tubos} = 67,79 \approx 68$$

Nota: El área de enfriamiento es información facilitada por la empresa Pintuglobal, dado que por su formulación de la resina se requiere 12m² de refrigeración, la deducción de esta área es información confidencial de la empresa.

3.2.5.3 Cálculo del diámetro del condensador

Para calcular el diámetro del condensador tenemos:

$$N_{tt} = \frac{0,78 * \phi_{ctt}^2}{c_1 * L_{tp}^2}$$

Donde:

N_{tt}= Número total de tubos

ϕ_{ctt}^2 = Diámetro externo de arreglo de tubos

C_1 = Constante de espaciamento de tubos. Véase Anexo 5

L_{tp} = 1,5 veces del diámetro de los tubos

Det = Diámetro externo de cada tubo

$$\phi_{ctt} = \sqrt{\frac{N_{tt} * C_1 * L_{tp}^2}{0.78}}$$

$$\phi_{ctt} = L_{tp} \sqrt{\frac{N_{tt} * C_1}{0.78}}$$

$$\phi_{ctt} = 1,5 * Det * \sqrt{\frac{N_{tt} * C_1}{0.78}}$$

$$\phi_{ctt} = 1,5 * 0,01875m \sqrt{\frac{68 * 0,814}{0.78}}$$

$$\phi_{ctt} = 0,23m \approx 0,25m$$

3.2.6 Cálculo del balance de masa general

El cálculo de balance de masa general se calculó de acuerdo a la fórmula de resina vinílica que la Empresa Pintuglobal nos facilitó. Véase en el Anexo 9

El balance de masa está basado a una producción de 3000 kg de resina vinílica.

Ecuación del balance de masa:

$$m_e - m_s - m_{rx} = 0$$

Ecuación 11-3:

Donde:

m_e = flujo másico que entra (sumatoria de todos los flujos másicos que ingresan por adición al reactor) kg/h

m_s = flujo másico que sale (producto final-resina vinílica) kg/h

m_{rx} = flujo másico de reacción

$$m_e - m_s - m_{rx} = 0$$

$$m_{rx} = m_e - m_s$$

$$m_{rx} = (500,073 - 500)kg/h$$

$$m_{rx} = 0,073kg/h$$

3.2.7 Cálculo del balance de energía

Para el balance de energía se debe tomar las siguientes consideraciones, que son los calores específicos (cp) de cada componente.

$$C_p VAM = 28,75 \frac{kcal}{kg.c}$$

$$C_p Antiespumante = 0,0283 \frac{kcal}{kg.c}$$

$$C_p Alcohol polivinilico = 2,16 \frac{kcal}{kg.c}$$

$$C_p Agua = 164,112 \frac{kcal}{kg.c}$$

$$C_p Bicarbonato = 0,0568 \frac{kcal}{kg.c}$$

$$C_p Persulfato potasio = 0,213 \frac{kcal}{kg.c}$$

$$C_p Tergitol = 0,0009385 \frac{kcal}{kg.c}$$

$$C_p DBP = 0,00112 \frac{kcal}{kg.c}$$

3.2.7.1 Cálculo de los Cp Total

$$Cp\ Total = \Sigma Cp\ de\ los\ componentes$$

Ecuación 12-3:

$$Cp\ Total = (0,0283 + 28,75 + 2,16 + 164,112 + 0,0568 + 0,213 + 0,0009385 + 0,00112) \frac{kcal}{kg.c}$$

$$Cp\ Total = 195,32 \frac{kcal}{kg.c}$$

3.2.7.2 Cálculo de Energía

$$Energía\ que\ entra - Energía\ que\ sale - Energía\ de\ reacción - Energía\ del\ Intercambiador = 0$$

Ecuación 13-3:

Donde:

Energía= calor

$$E=Q$$

Ecuación 14-3:

Sabiendo que el calor viene expresado por:

$$Q = \dot{m}Cp\Delta T$$

Ecuación 15-3:

Si se reemplaza en la ecuación del Balance de energía, queda:

$$\dot{m}_e C_{pT} T_e - \dot{m}_s C_{pR} T_s - V_{rA} \Delta H_r - UA \Delta T = 0$$

Ecuación 16-3:

Sabiendo que:

$$Q_{reacción} = V_{rA} \Delta H_r$$

Por tanto la ecuación final queda:

$$Q_{reacción} = \dot{m}_e C_{pT} T_e - \dot{m}_s C_{pR} T_s - UA \Delta T$$

Ecuación 17-3:

Donde::

\dot{m}_e = Flujo másico de entrada (kg/h)

\dot{m}_s = Flujo másico de salida (kg/h)

T_e = Temperatura de entrada (°C)

T_s = Temperatura de salida (°C)

C_{pT} = Calores específicos totales (Kcal/kg°C)

C_{pR} = Calores específico de la resina (Kcal/kg°C)

U = Coeficiente de transferencia de calor (kcal/hm²°C)

A = Área del intercambio de calor (m²)

ΔT = Variación de temperatura del intercambiador

$$Q_{\text{reacción}} = (500,073 * 195,32 * 18) - (500 * 100,18 * 40) - (2713 * 1,4 * (40 - 18))$$

$$Q_{\text{reacción}} = -329023,75 \frac{\text{Kcal}}{\text{h}}$$

3.2.8 Resultados

Tabla 7-3: Resultados

EQUIPO	VARIABLE	SÍMBOLO	VALOR	UNIDAD
Cuerpo del reactor	Capacidad del reactor	cap reactor	4500	kg
	Volumen del reactor	V reactor	4,5	m ³
	Diámetro del reactor	ϕ_R	1,63	m
	Altura del reactor	h	2,12	m
Superficie calentamiento-enfriamiento	Superficie útil	sup útil	1,59	m
	Número de medias cañas	#med cañas	17	-
	Superficie lateral de calentamiento-enfriamiento	sup lateral	1,4	m ²
Agitador	Distancia del fondo a la base del impulsor	E	0,54	m
	Diámetro del impulsor	ϕ_a	0,54	m
	Ancho de la paleta	W	0,23	m
	Número de Reynolds	Nre	205	-
	Potencia del Agitador	P	30	HP
Condensador	Área de cada tubo	Act	0,177	m ²
	Número de tubos	Ntubos	68	-
	Diámetro del condensador	ϕ_{ctt}	0,25	m
Torre de vapor	Altura de la torre	hT	2,12	m
	Diámetro de la torre	ϕ_T	0,356	m
Balances	Balance de masa	m_{rx}	0,073	kg/h
	Balance de energía	Qreacción	-329023,75	kcal/h

Elaborado por: PADILLA, Alex, 2017

3.3 Proceso de producción

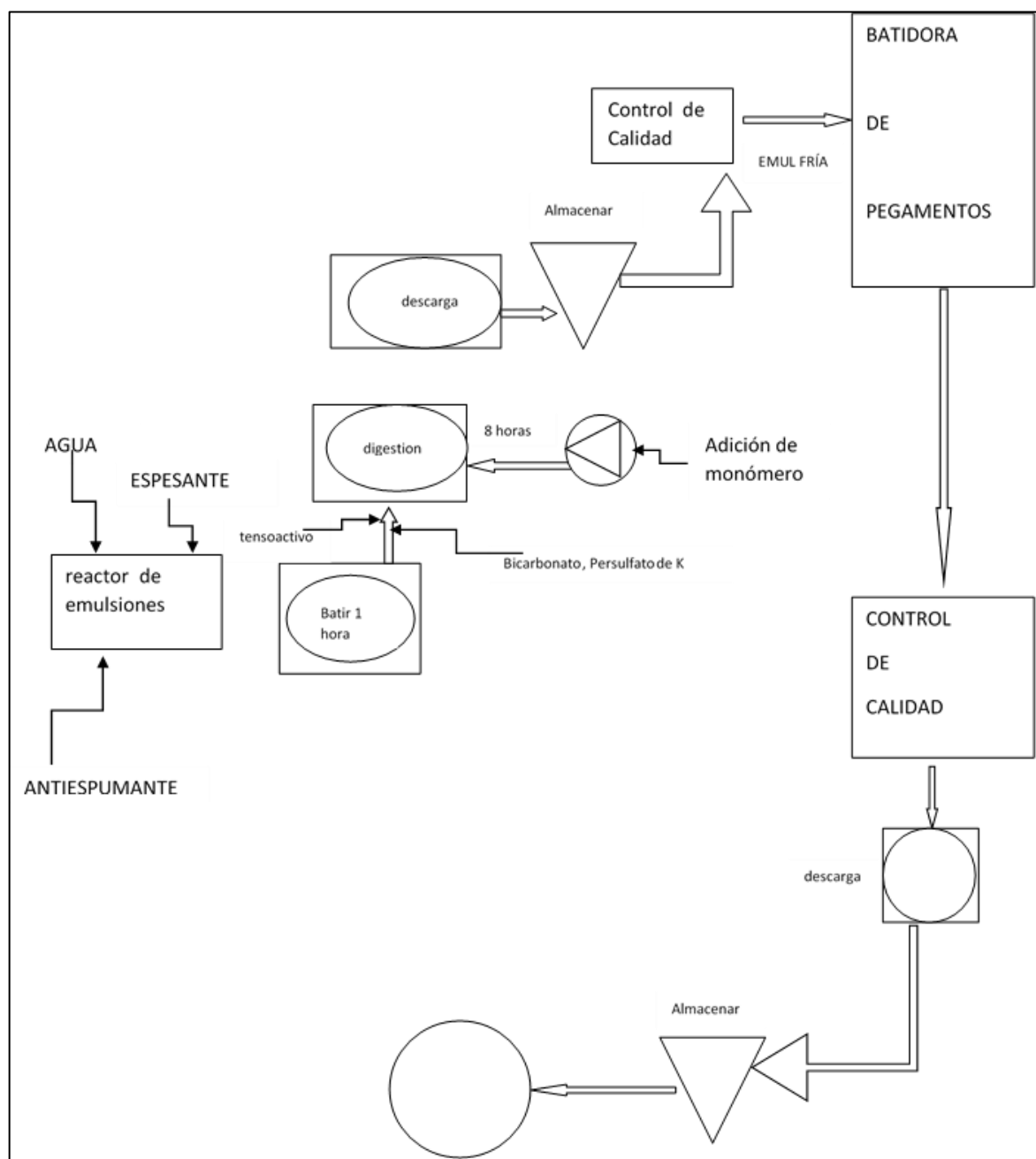


Gráfico 11-3: Proceso de producción
Elaborado por: PADILLA, Alex, 2017

3.4 Requerimientos de tecnología, equipos y maquinaria

Tabla 8-3: Requerimiento de tecnología, equipos y maquinaria

Descripción	Cantidad	Función
Balón de cuatro bocas	1	Va ser el cuerpo del reactor prototipo, donde se va llevar a cabo la reacción para obtener la resina.
Refrigerante	1	Sirve como condensador del sistema.
Una U	1	La función es de conexión entre los dos Erlenmeyer para la alimentación.
Termómetro 200 °C	1	Nos permite controlar la temperatura a la que se va dar la reacción en el balón.
Erlenmeyer	2	Nos permite medir la cantidad exacta de alimentación y también va ser nuestro recipiente de alimentación.
Varillas de vidrio	2	Sirven para mantener en constante agitación la reacción.
Corchos	4	Su función es tapar los orificios del balón por donde vamos a sacar las muestras.
Reverbero	1	Es la fuente de calor que el sistema necesita para que se dé la reacción requerida.
Pipetas	2	Pesar de manera exacta los aditivos líquidos.
Probetas	2	Nos permite sacar las muestras de los ensayos.
Balanza analítica	1	Pesar de manera exacta los aditivos sólidos.
Motor	1	Su función es mantener en agitación mientras se realiza la reacción.

Elaborado por: PADILLA, Alex, 2017

3.5 Análisis de Costo/Beneficio del proyecto

Tabla 9-3: Detalle de la Inversión

	DESCRIPCIÓN TÉCNICA DE LOS EQUIPOS PARA LAS PLANTAS DE RESINA	COSTO TOTAL S
1	REACTOR DE 4500KG DE CAPACIDAD DE TRABAJO <ul style="list-style-type: none"> CABEZA Torisferica de 5 mm de espesore. Tendrá manhole, mirilla, iluminador, conexiones necesarias para entradas de producto de proceso, salida a la torre de flujo de 356 mm de diámetro, torreta soporte de unidad motriz en acero al carbono ASTM A-36. Sistema de sellado con prensa estopa y tendrá mirilla e iluminador. CUERPO Cilindro vertical de 1634 mm de diámetro y 2124 mm de longitud en chapa de 6.0 mm de espesor. 	

	<ul style="list-style-type: none"> • CHAQUETA Media caña en el cuerpo con 1,60 metros de altura con dos entradas y dos salidas independientes. La media caña se cotiza en acero inoxidable AISI 304. • SOPORTES Cuatro mensulas en acero al carbono ASTM A-36. • AGITACION Con 4 impeler de dos aspas cada una, soportadas en un trípode con buje en teflón. • UNIDAD MOTRIZ Motoreductor de 30 HP a 80 rpm de fabricación colombiana. Tendrá todas las conexiones necesarias y manhole para inspección. Estas conexiones se cotizan en acero inoxidable y bridas en acero al carbono ANSI 16,5. Obturación de entrada de eje alrededor con prensa estopa con cordón de teflón. 	
	Subtotal	41,000 USD
2	TORRE DE REFLUJO <ul style="list-style-type: none"> • De 356 mm de diámetro por 2124 mm de longitud en acero inoxidable ASTM 240 TP 304 de 3 mm de espesor, con doble visor. Extremos bridados y empaque de la torre con viruta en acero inoxidable. 	
	Subtotal	5,000 USD
3	CONDENSADOR <ul style="list-style-type: none"> • De 12 metros cuadrados de área de transferencia conste de : <ul style="list-style-type: none"> a) Dos cabezales en chapa de 3,5 mm de espesor 250 mm de diámetro, b) Coraza en chapa de 4,5 mm de espesor, 250 mm de diámetro y 2970 mm de longitud. c) Tubos 68 de 26 mm de diámetro por 2970 mm de longitud en acero ASTM 240 TP 304 L. 	
	Subtotal	15,500 USD
4	TANQUE DE SEPARACION <ul style="list-style-type: none"> • De 200 litros de capacidad en chapa de acero inoxidable AIS 304 de 3 mm de espesor ASTM 240 TP 316. Con visor longitudinal. 	
	Subtotal	4,500 USD
	TANQUE DE DILUCION <ul style="list-style-type: none"> • Con capacidad de 800 Kg de capacidad con agitador y camisa de enfriamiento en acero al carbón y aislamiento. 	
	Subtotal	13,300 USD
	TOTAL	79,300 USD
SON: Setenta y nueve mil trescientos USD		

Fuente: INCOLNOX S.A. – VEREDA CANAVITA- SECTOR COLPAPEL
Elaborado por: PADILLA, Alex, 2017

Tabla 10-3: Costos de producción por lote

PINTUGLOBAL PAG. 0001 PRODUCTO: RESINA VINIL ACRILICA				
DESCRIPCION	MEDIDA	CANTIDAD	COSTO	VALOR
NATROSOL LR-250	KILOS	15,0000	8,4383	126,5745
BACTERICIDA PREVENTOL D-6	KILOS	2,000	3,9654	7,9308
MONOETILENGLICOL	KILOS	10,3076	1,6514	17,0220
ANTIESPUMANTE	KILOS	3,6153	2,8741	10,3907
BUTYL ACRYLATO	KILOS	180,3846	2,7542	496,8153
BICARBONATO DE SODIO	KILOS	1,4615	0,5300	0,7746
VINIL ACETATO MONOMERO V.A.M.	KILOS	1000,5384	1,1987	1199,3454
PERSULFATO DE POTACIO	KILOS	2,000	3,8556	7,7112
ARKOPAL N 300	KILOS	30,6923	3,2000	98,2154
HOSTAPAL BV KONZ.	KILOS	17,000	4,3944	74,7048
PLASTICO NATURAL POLIADICO	KILOS	9,92	2,2763	22,5809
COSTO MATERIA PRIMA CONSUMIDA:				2062,06
MANO DE OBRA DIRECTA:	44,4618			
GASTOS DE FABRICA DIRECTOS:	72,4618			
USO ACTIVOS DIRECTOS:	9,2446			
MANO DE OBRA INDIRECTA:	61,1331			
GATOS DE FABRICA INDIRECTOS:	0,00000			
USO DE ACTIVOS INDIRECTOS:	2,6863			
** COSTO TOTAL **:	2252,05			
CANTIDAD PRODUCIDA (KILOS)	3000			
COSTO UNITARIO DEL PRODUCTO DE 1 KILO	0,75			

Fuente: Empresa PINTUGLOBAL.

Elaborado por: PADILLA, Alex, 2017

Tabla 11-3: Costos de producto terminado

PINTUGLOBAL PAG. 0001				
PRODUCTO: RESINA				
DESCRIPCION	MEDIDA	CANTIDAD	COSTO	VALOR
ETIQUETA ADHESIVA PINTURA COLO	UNIDAD	156,0000	0,0020	0,312
RESINTEK PROCESO	Kg	3000,0000	0,7067	2120,1
TAPA BLANCA 5 GALONES	UNIDAD	156,0000	0,6751	105,3156
JALADERA BLANCO 5 GALONES	UNIDAD	156,0000	0,1503	23,4468
ENVASE 5 GALONES BLANCO	UNIDAD	156,0000	1,8658	291,0648
ETQ RESINPLAST CANECA	UNIDAD	156,0000	0,334	52,104
COSTO MATERIA PRIMA CONSUMIDA:				2592,3432
MANO DE OBRA DIRECTA:	39,20060			
GASTOS DE FABRICA DIRECTOS:	61,07890			
USO ACTIVOS DIRECTOS:	9,52850			
MANO DE OBRA INDIRECTA:	63,32720			
GATOS DE FABRICA INDIRECTOS:	0,00000			
USO DE ACTIVOS INDIRECTOS:	2,77340			
=====				
** COSTO TOTAL **:	2768,2518			
CANTIDAD PRODUCIDA:	156,00			
=====				
COSTO UNITARIO DE CADA CANECA	17,74520			

Fuente: Empresa PINTUGLOBAL.

Elaborado por: PADILLA, Alex, 2017

Tabla 12-3: Ventas

VENTAS	
La empresa tiene una utilidad del 30%	
Precio de la caneca al público :	\$ 23,06
PRODUCCION	
Ventas diaria:	\$ 3.597,36
Ventas semanal :	\$ 7.194,72
Venta mensual:	\$ 28.778,88
Venta anual:	\$ 345.346,56

Fuente: Empresa PINTUGLOBAL.

Elaborado por: PADILLA, Alex, 2017

3.5.1 Determinación del Valor Actual Neto (VAN)

En proyectos de inversión empresarial se acostumbra a fijarse la tasa de descuento como el costo del capital promedio que está soportando la compañía. De esta forma, si el VAN del proyecto de inversión analizado es positivo (mayor que cero) nos indica que el proyecto generará riqueza para la empresa más allá del retorno del capital invertido en el proyecto y financiado totalmente con fondos ajenos.

Entonces cuando a un proyecto le exigimos que ha determinada tasa el VAN sea positivo lo que estamos exigiendo es que aporte riqueza por encima de esa tasa mínima.

Tabla 13-3: Datos de la inversión inicial

DATOS	VALORES
Número de periodos	1
Tipo de periodo	Anual
Utilidad	30%
Inversión Inicial	\$ 79.300,00

Elaborado por: PADILLA, Alex, 2017

3.5.1.1 Ingresos

El valor de los ingresos se basa de acuerdo a la producción anual determinada en la formulación de la resina vinílica.

Tabla 14-3: Ingreso anual

Ingresos	
AÑO	VALOR
1	\$ 345.346,56
Total	345346,56

Elaborado por: PADILLA, Alex, 2017

3.5.1.2 Egresos

Los egresos están determinados en función de los costos de producción anuales de la empresa.

Tabla 15-3: Egresos anuales

Egresos	
AÑO	VALOR
1	\$ 192.000,00
Total	192000

Elaborado por: PADILLA, Alex, 2017

El flujo de efectivo determinamos de la diferencia de los ingresos y egresos anuales de la empresa dándonos un valor de:

Tabla 16-3: Flujo de Efectivo

Flujo de Efectivo	
AÑO	VALOR
1	\$ 153.346,56

Elaborado por: PADILLA, Alex, 2017

Tabla 17-3: Proyección anual

DETALLE	AÑOS	
	0	1
Efectv. Proyectado	\$ (79.300,00)	153346,56

Elaborado por: PADILLA, Alex, 2017

Tabla 18-3: Valor Actual Neto

VALOR ACTUAL NETO (VAN)			
Nº	FNE	$(1 + i)^n$	$FNE/(1 + i)^n$
0	\$ (79.300,00)		\$ (79.300,00)
1	\$ 153.346,56	1,3	\$ 117.958,89
TOTAL			\$ 38.658,89
$VAN = -1 + \sum \frac{FNE}{(1 + i)^n}$			
		VAN=	\$ 38.658,89
		Proyecto viable	

Elaborado por: PADILLA, Alex, 2017

Análisis: el Valor Actual Neto que tendremos después de 1 año de funcionamiento del proyecto es de \$ 38.658,89 esto es bueno porque refleja una buena utilidad.

3.5.2 Determinación de la Tasa Interna de Retorno (TIR)

Recordemos que la TIR (Tasa de Rendimiento Interno) es la tasa de descuento en la que se iguala el valor de la inversión (pagos) con el valor de los flujos de tesorería futuros (cobros).

Es decir, es el valor de la tasa descuento en la que la realización del proyecto es indiferente bajo la perspectiva económica. O dicho de otra forma, expresa la tasa de descuento que iguala el valor actualizado de los flujos de fondos netos obtenidos de un proyecto con la inversión realizada para su consecución. Si financiáramos la inversión a un coste equivalente a esa tasa el proyecto ni aportaría riqueza ni supondría coste económico alguno.

Obviamente cuanto mayor distancia haya entre la tasa mínima exigida y la TIR del proyecto mayor riqueza podrá aportar a la Compañía.

La tasa de descuento es un factor financiero que se utiliza, en general, para determinar el valor del dinero en el tiempo y, en particular, para calcular el valor actual de un capital futuro o para evaluar proyectos de inversión.

Tabla 19-3: Tasa Interna de Retorno (TIR)

TASA INTERNA DE RETORNO (TIR)	
Tasa de descuento	VAN
0%	\$ 74.046,56
10%	\$ 60.105,96
20%	\$ 48.488,80
30%	\$ 38.658,89
40%	\$ 30.233,26
50%	\$ 22.931,04
60%	\$ 16.541,60
70%	\$ 10.903,86
80%	\$ 5.892,53
90%	\$ 1.408,72
100%	(\$ 2.626,72)
110%	(\$ 6.277,83)
120%	(\$ 9.597,02)
130%	(\$ 12.627,58)
140%	(\$ 15.405,60)
150%	(\$ 17.961,38)
160%	(\$ 20.320,55)
170%	(\$ 22.504,98)
180%	(\$ 24.533,37)
190%	(\$ 26.421,88)
200%	(\$ 28.184,48)
TIR=	93%

Elaborado por: PADILLA, Alex, 2017

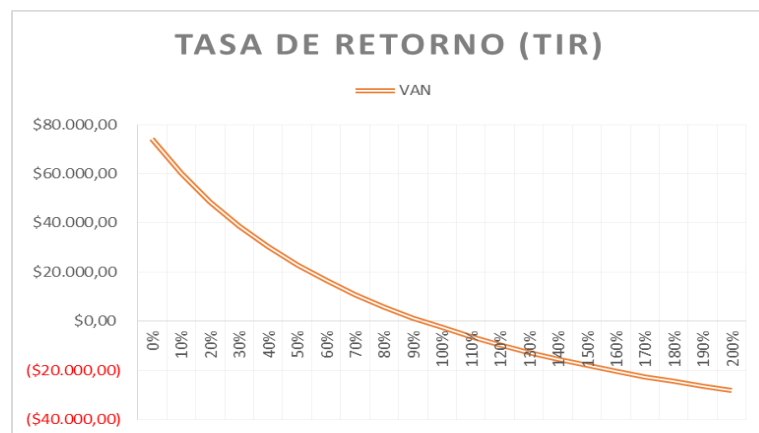


Gráfico 12-3: Tasa Interna de Retorno

Elaborado por: PADILLA, Alex, 2017

Análisis: tenemos un TIR de 93%, esto es muy bueno para el emprendimiento, ya que esto refleja que el proyecto si es rentable.

3.5.3 Conclusiones

- El proceso de simulación para la preparación de resinas vinílicas cuenta con un reactor prototipo a nivel de laboratorio que consta de: un balón de cuatro bocas, un refrigerante, una U de vidrio, dos embudos de separación, un agitador, un moto reductor de 60 rpm, manto de calentamiento y un termómetro; por medio de este equipo pudimos recolectar los datos necesarios para el dimensionamiento del reactor.
- En función de ensayos y un banco de pruebas mediante el proceso de simulación se obtuvieron datos experimentales como: velocidad de agitación de 60 rpm, temperatura de reacción 55 °C, flujo de adición de monómero 0,3cm³/min, flujo de adición de persulfato de potasio 0,2cm³/min y el tiempo necesario para la polimerización total del monómero que es de 6 horas.
- Las variables de proceso que caracterizan a la producción de resinas vinílicas son: temperatura de reacción, tiempo de reacción, concentración de las materias primas, potencia de agitación y la capacidad del reactor.
- Determinadas las condiciones de trabajo en la experimentación, se diseñó un reactor tipo Batch de doble paso de acero inoxidable 304, calentado por vapor y enfriado por agua; teniendo una capacidad neta de 4500 L, una altura nominal de 2,12 m, un diámetro externo de 1,63 m, un motor para la agitación de 30 Hp de potencia.
- Se validó el diseño de ingeniería para el reactor Tipo Batch mediante ensayos de laboratorio, y se obtuvieron los siguientes datos: porcentaje de sólidos a 105°C de 36,80%, viscosidad de 37050 cP y un pH de 4,3. Dichos parámetros están dentro de lo contemplado en la norma de la empresa PINTUGLOBAL y también está sustentada en la norma NTE INEN-ISO 3219.

3.5.1. Recomendaciones

- Antes de iniciar el proyecto se recomienda realizar un estudio de impacto ambiental.
- Una vez puesto en marcha el proyecto, se recomienda realizar una matriz de riesgos, identificando como principal riesgo la manipulación de reactivos químicos como el VAM y el Persulfato de Potasio.
- Al trabajar con vapor del caldero es necesario mantener la válvula de alivio del condensador a media vuelta abierta para mantener una presión no alta en el reactor.
- Al trabajar con sustancias toxicas como el VAM es recomendable tener los cuidados respectivos (lentes de protección, mascarilla y mandil).
- Para obtener la reacción deseada en los ensayos de laboratorio se recomienda utilizar reactivos de alta pureza.

3.6 Cronograma del proyecto

ACTIVIDADES	TIEMPO (MESES)																							
	1				2				3				4				5				6			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Revisión Bibliográfica																								
Investigación de métodos de diseño																								
Simulación del proceso con planta piloto en el laboratorio																								
Toma de datos experimentales del proceso de simulación.																								
Encontrar las variables de diseño.																								
Ejecutar cálculos de ingeniería para el diseño del reactor Tipo Batch																								
Legalización del diseño del reactor Tipo Batch.																								
Planteamiento del trabajo de titulación																								
Revisión y corrección																								
Presentación final																								

Elaborado por: PADILLA, Alex, 2017

BIBLIOGRAFÍA

ÁLVAREZ BLANCO, S., & ZARAGOZÁ CARBONELL, J. *Principales polímeros comerciales*. [en línea] 2012. pp. 1-20

[Consulta: 12 Junio 2016].

<http://tecnologiadelosplasticos.blogspot.com/2012/03/alcohol-de-polivinilo.html>

ECUADOR, ASOCIACIÓN DE PRODUCTORES QUÍMICOS DEL ECUADOR .

APROQUE. [en línea], 2014. p. 85

[Consulta: 12 Junio 2016].

<http://www.aproque.com/responsible-care/>

BAYAS, M., & Núñez, C. *Diseño y Construcción de un Reactor Continuo de Mezcla Completa*. (Tesis) (Ingeniería) Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Facultad Ciencias. Ingeniería Química Riobamba -Ecuador, 2011. pp. 20-43

CASTILLO, V. *Diseño y cálculo de un agitador de fluidos*. Universidad del Bio Bio. 2013. pp. 15-35

CONSEJO DE ACETATO DE VINILO. *La Guía de Manejo Seguro del Acetato de Vinilo*. Washington DC. 2010. pp. 1-5

CUEVAS, G. R. *Introducción a los reactores químicos* . (Septiembre de 2009). pp. 1-10

CUNILL, F., IBORRA, M., & TEJERO, J. *Reactores Químicos*. [en línea] (2010). pp. 5-40
[Consulta: 12 Junio 2016].

<http://diposit.ub.edu/dspace/bitstream/2445/12703/1/APUNTS%20DE%20REACTORS%20QU%C3%8DMICS.pdf>

EDWARD, N . *fabricarpinturas.com*. [en línea] , 2012, pp. 20-30

[Consulta: 16 Enero 2017].

<http://fabricarpinturas.com/blog/resinas-vinilicas.php>

FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS, Bioingeniería. [en línea] Universidad Veracruzana. (s.f.). pp. 23-46

[Consulta: 16 Enero 2017].

<https://sites.google.com/site/bioingenieriauv15/unidad-2-biorreactores-y-su-aplicacion/2-1-reactor-tipo-batch>

FERNÁNDEZ, M. *Tipos de reactores*. [en línea] 2015. pp. 3-32

[Consulta: 16 Agosto 2016].

<http://es.slideshare.net/magnusgabrielhuertafernandez/tipos-de-reactores-51745874>

FONT, Q. P. *Diccionario de Botánica*. Península . 2000. pp. 105-110

GLYN, H., & HEINKE, G. *Ingeniería Ambiental*. México: Pearson. 1999. pp. 22-31

GYG INGENIEROS . *Agitadores Industriales GyG*. [en línea] 2011. pp. 15-40

[Consulta: 16 Agosto 2016].

<http://www.agitador.es/>

HERGUIDO, J. *Reactores Químicos. Conceptos Básicos* . Universidad de Zaragoza. 2007.

pp. 4-36

LEROYMERLÍN *Pinturas. LeroyMerlín Pinturas*. [en línea] 2016. pp. 10-15

[Consulta: 8 Octubre 2016].

http://www.leroymerlin.es/productos/drogueria/adhesivos_colas_y_cintas/cintas_adhesivas/como-elegir-adhesivos-colas-y-cintas#COLAS

MASOT, F. *Condensadores*. Sevilla, España: Universidad de Sevilla. 2010. pp.35-40

ECUADOR, MINISTERIO DEL AMBIENTE . *Estudio de Potenciales Impactos*

Ambientales y Vulnerabilidad relacionada con las Sustancias Químicas y Tratamiento de Desechos Peligrosos en el sector productivo del Ecuador, Quito- Ecuador, 2011. p. 24

OFICINA EUROPEA DE SUSTANCIAS QUÍMICAS (ECB). " *Summary Risk Assessment Report (RAR 003) on Dibutyl Phthalate (DBP), 2003*" . Madrid: Green Facts. 2003. p. 14

OSPINA, I. *Ficha Técnica de Persulfato de Potasio*. Medellín- Colombia, 2012. p. 1

PALCANARIAS . (S.F.). *Palcanarias Pinturas*. [en línea] pp. 5-7

[Consulta: 8 Octubre 2016].

<http://www.palcanarias.com/producto/cola-blanca-adhesivo-para-madera-papel-carton/>

PÉREZ, PORTO, J., & GARDEY, A. *Definición.de reactor*. [en línea] 2014. pp. 1-5

[Consulta: 10 Noviembre 2016].

<http://definicion.de/reactor/>

PERRY, R. *Manual del Ingeniero Químico*. Estados Unidos: Mc Graw Hill. 2001. pp. 300-1910

PONCE, G. (S.F). *Conceptos y definiciones. Algunos tipos de intercambiadores de calor*. [en línea] pp. 10-13

[Consulta: 10 Noviembre 2016].

http://www.academia.edu/9513164/CONCEPTOS_Y_DEFINICIONES._ALGUNOS_TIPOS_DE_INTERCAMBIADORES_DE_CALOR

QUIMINET. *QuimiNet*. [en línea] 2006. p. 5

[Consulta: 10 Noviembre 2016].

<https://www.quiminet.com/articulos/el-bicarbonato-de-sodio-propiedades-y-usos-15208.htm>

QUIMINET. *QuimiNet.com*. [en línea] 2006. p. 3

[Consulta: 10 Noviembre 2016].

<https://www.quiminet.com/articulos/resinas-tipos-de-resinas-y-aplicaciones-18443.htm>

SABORIDO, M. L. *Los barnices, capa de protección. Significado y composición: resinas, oleorresinas y bálsamos*. 2009. pp. 25-31

SAWYER, M. *Computer-controlled Batch processing*. Ucrania: Institution Of Chemicals Engineers . 1993. pp. 23-45

STUMP, M. *Los antiespumantes, agentes tensoactivos desestabilizadores de espuma*. México. 2011. pp. 3-18

TECNOLOGÍA DE PLÁSTICOS. *Plasticos* [blogs] 2012. pp. 3-5

[Consulta: 10 Noviembre 2016].

<http://tecnologiadelosplasticos.blogspot.com/2012/02/el-poliacetato-de-vinilo-acetato-de.html>

TEXTOS CIENTÍFICOS. *Textoscientíficos.com*. [blogs] 2008. p.5

[Consulta: 10 Noviembre 2016].

<http://www.textoscientificos.com/polimeros/plasticos/sinteticos/resinas-poliuretano-siliconas-vinilicas>

THE DOW CHEMICAL COMPANY. *Hoja Técnica de Tergitol*. Londres: DOW. 2013. pp. 1-3

ESPAÑA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE MADRID. (S.F.). *Open Course Ware*. [en línea] Universidad Politécnica de Madrid. pp. 16-29

[Consulta: 15 Enero 2017].

<http://ocw.upm.es/ingenieria-quimica/ingenieria-de-la-reaccion-quimica/contenidos/OCW/LO/cap1.pdf>

ARGENTICA UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA NACIONAL DE ARGENTINA.

Ingeniería de las reacciones. [en línea] 2014. pp. 4-37

[Consulta: 15 Septiembre 2016]:

http://www.frro.utn.edu.ar/repositorio/catedras/quimica/4_anio/ingenieria_reacciones/UNIDAD_3.pdf

ANEXOS

Anexo 1-1: Montaje del Reactor Prototipo



Elaborado por: PADILLA, Alex, 2017

Anexo 2-1: Toma de temperatura de reacción



Elaborado por: PADILLA, Alex, 2017

Anexo 3-1: Reactor prototipo en funcionamiento



Elaborado por: PADILLA, Alex, 2017

Anexo 4-3: Dimensiones de bridas clase 150 lb para uso con tubería de acero

TABLA 6-7 Dimensiones de bridas Clase 150 lb para uso con tubería de acero*

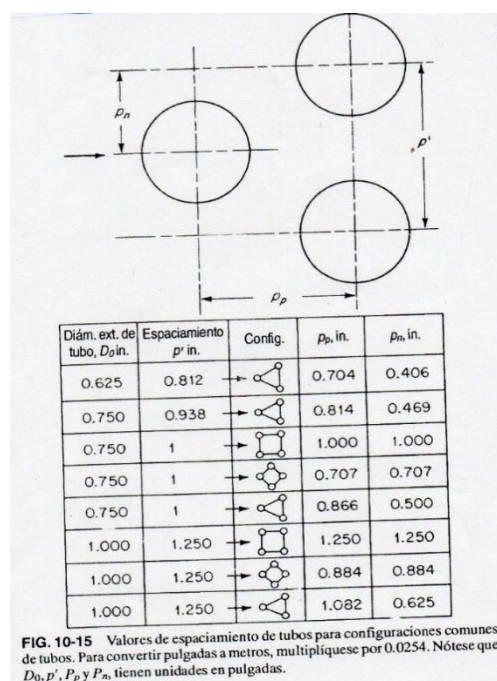
Todas las dimensiones se dan en pulgadas

Tamaño nominal de la tubería	Diámetro exterior de la brida	Espesor de la brida, mínimo	Diámetro del anillo del perno	Diámetro de los pernos	Número de pernos	Longitud hasta el empalme			
						Roscada deslizante con casquillo de soldadura	Junta superpuesta	De cuello soldado	Atornillada, ANSI B16.1 (125 lb)
½	3.50	0.44	2.38	½	4	0.62	0.62	1.88
¾	3.88	0.50	2.75	¾	4	0.62	0.62	2.06
1	4.25	0.56	3.12	¾	4	0.69	0.69	2.19	0.69
1¼	4.62	0.62	3.50	¾	4	0.81	0.81	2.25	0.81
1½	5.00	0.69	3.88	¾	4	0.88	0.88	2.44	0.88
2	6.00	0.75	4.75	¾	4	1.00	1.00	2.50	1.00
2½	7.00	0.88	5.50	¾	4	1.12	1.12	2.75	1.12
3	7.50	0.94	6.00	¾	4	1.19	1.19	2.75	1.19
3½	8.50	0.94	7.00	¾	8	1.25	1.25	2.81	1.25
4	9.00	0.94	7.50	¾	8	1.31	1.31	3.00	1.31
5	10.00	0.94	8.50	¾	8	1.44	1.44	3.50	1.44
6	11.00	1.00	9.50	¾	8	1.56	1.56	3.50	1.56
8	13.50	1.12	11.75	¾	8	1.75	1.75	4.00	1.75
10	16.00	1.19	14.25	¾	12	1.94	1.94	4.00	1.94
12	19.00	1.25	17.00	¾	12	2.19	2.19	4.50	2.19
14	21.00	1.38	18.75	1	12	2.25	3.12	5.00	2.25
16	23.50	1.44	21.25	1	16	2.50	3.44	5.00	2.50
18	25.00	1.56	22.75	1½	16	2.69	3.81	5.50	2.69
20	27.50	1.69	25.00	1½	20	2.88	4.06	5.69	2.88
24	32.00	1.88	29.50	1½	20	3.25	4.38	6.00	3.25

*Dimensiones de ANSI B16.5-1977, a menos que se especifique otra cosa. Para convertir pulgadas en milímetros, multiplíquese por 25.4.

Fuente: (Perry, 2001)

Anexo 5-3: Valores de espaciamiento de tubos para configuraciones comunes de tubos.



Fuente: (Perry, 2001)

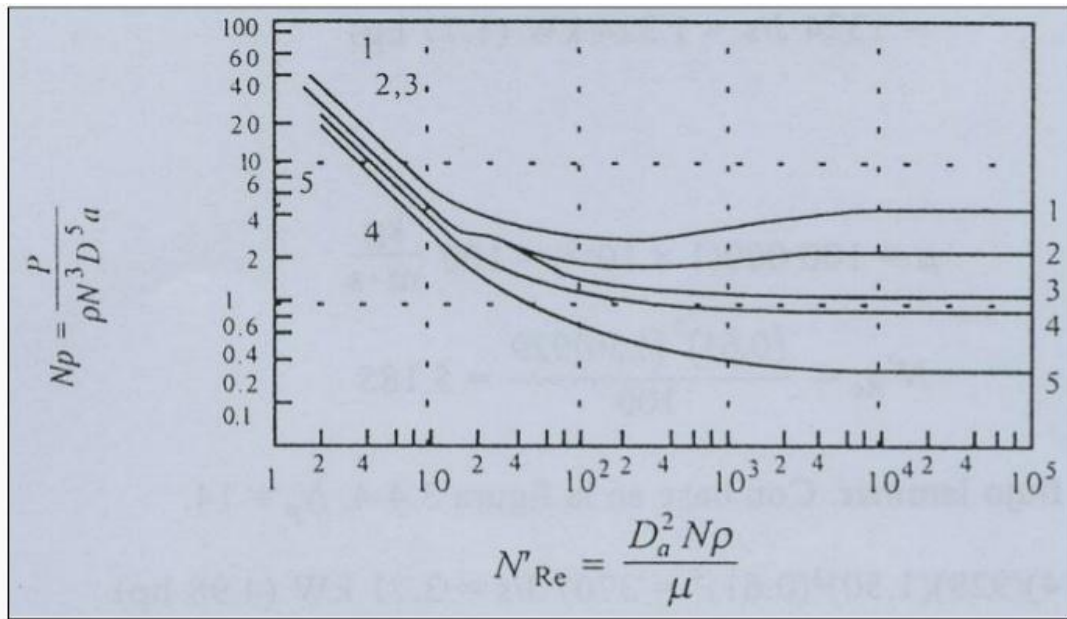
Anexo 6-3: Propiedades de las tuberías de acero

TABLA 6-6 Propiedades de las tuberías de acero

Tamaño nominal de tub., in	Diám. exterior, in	No. de cédula	Espesor de la pared, in	Diám. interior, in	Área de corte transversal		Circunferencias, ft, o superficie, ft ² /ft de longitud		Capacidad a una velocidad de 1 ft/s		Peso de tub. de extremos lisos, en lb/ft
					Metal en in ²	Flujo en ft ²	Exterior	Interior	U.S. gal/min	Lb/h de agua	
¾	0.405	10S	0.049	0.307	0.055	0.00051	0.106	0.0804	0.231	115.5	0.19
		40ST, 40S	.068	.269	.072	.00040	.106	.0705	.179	89.5	.24
		80XS, 80S	.095	.215	.093	.00025	.106	.0563	.113	56.5	.31
¾	0.540	10S	.065	.410	.097	.00092	.141	.107	.412	206.5	.33
		40ST, 40S	.088	.364	.125	.00072	.141	.095	.323	161.5	.42
		80XS, 80S	.119	.302	.157	.00050	.141	.079	.224	112.0	.54
¾	0.675	10S	.065	.545	.125	.00162	.177	.143	.727	363.5	.42
		40ST, 40S	.091	.493	.167	.00133	.177	.129	.596	298.0	.57
		80XS, 80S	.126	.423	.217	.00098	.177	.111	.440	220.0	.74
¾	0.840	5S	.065	.710	.158	.00275	.220	.186	1.234	617.0	.54
		10S	.083	.674	.197	.00248	.220	.176	1.112	556.0	.67
		40ST, 40S	.109	.622	.250	.00211	.220	.163	0.945	472.0	.85
		80XS, 80S	.147	.546	.320	.00163	.220	.143	0.730	365.0	1.09
		160	.188	.464	.385	.00117	.220	.122	0.527	263.5	1.31
		XX	.294	.252	.504	.00035	.220	.066	0.155	77.5	1.71
¾	1.050	5S	.065	.920	.201	.00461	.275	.241	2.072	1036.0	0.69
		10S	.083	.884	.252	.00426	.275	.231	1.903	951.5	0.86
		40ST, 40S	.113	.824	.333	.00371	.275	.216	1.665	832.5	1.13
		80XS, 80S	.154	.742	.433	.00300	.275	.194	1.345	672.5	1.47
		160	.219	.612	.572	.00204	.275	.160	0.917	458.5	1.94
		XX	.308	.434	.718	.00103	.275	.114	0.461	230.5	2.44
1	1.315	5S	.065	1.185	.255	.00768	.344	.310	3.449	1725	0.87
		10S	.109	1.097	.413	.00656	.344	.287	2.946	1473	1.40
		40ST, 40S	.133	1.049	.494	.00600	.344	.275	2.690	1345	1.68
		80XS, 80S	.179	0.957	.639	.00499	.344	.250	2.240	1120	2.17
		160	.250	0.815	.836	.00362	.344	.213	1.625	812.5	2.84
		XX	.358	0.599	1.076	.00196	.344	.157	0.878	439.0	3.66
1½	1.660	5S	.065	1.530	0.326	.01277	.435	.401	5.73	2865	1.11
		10S	.109	1.442	0.531	.01134	.435	.378	5.09	2545	1.81
		40ST, 40S	.140	1.380	0.668	.01040	.435	.361	4.57	2285	2.27
		80XS, 80S	.191	1.278	0.881	.00891	.435	.335	3.99	1995	3.00
		160	.250	1.160	1.107	.00734	.435	.304	3.29	1645	3.76
		XX	.382	0.896	1.534	.00438	.435	.235	1.97	985	5.21
1½	1.900	5S	.065	1.770	0.375	.01709	.497	.463	7.67	3835	1.28
		10S	.109	1.682	0.614	.01543	.497	.440	6.94	3465	2.09
		40ST, 40S	.145	1.610	0.800	.01414	.497	.421	6.34	3170	2.72
		80XS, 80S	.200	1.500	1.069	.01225	.497	.393	5.49	2745	3.63
		160	.281	1.338	1.429	.00976	.497	.350	4.38	2190	4.86
		XX	.400	1.100	1.885	.00660	.497	.288	2.96	1480	6.41
2	2.375	5S	.065	2.245	0.472	.02749	.622	.588	12.34	6170	1.61
		10S	.109	2.157	0.776	.02538	.622	.565	11.39	5695	2.64
		40ST, 40S	.154	2.067	1.075	.02330	.622	.541	10.45	5225	3.65
		80ST, 80S	.218	1.939	1.477	.02050	.622	.508	9.20	4600	5.02
		160	.344	1.687	2.195	.01552	.622	.436	6.97	3485	7.46
		XX	.436	1.503	2.656	.01232	.622	.393	5.53	2765	9.03
2½	2.875	5S	.083	2.709	0.728	.04003	.753	.709	17.97	8985	2.48
		10S	.120	2.635	1.039	.03787	.753	.690	17.00	8500	3.53
		40ST, 40S	.203	2.469	1.704	.03322	.753	.647	14.92	7460	5.79
		80XS, 80S	.276	2.323	2.254	.02942	.753	.608	13.20	6600	7.66
		160	.375	2.125	2.945	.02463	.753	.556	11.07	5535	10.01
		XX	.552	1.771	4.028	.01711	.753	.464	7.68	3840	13.69
3	3.500	5S	.083	3.334	0.891	.06063	.916	.873	27.21	13,605	3.03
		10S	.120	3.260	1.274	.05796	.916	.853	26.02	13,010	4.33
		40ST, 40S	.216	3.068	2.228	.05130	.916	.803	23.00	11,500	7.58
		80XS, 80S	.300	2.900	3.016	.04587	.916	.759	20.55	10,275	10.25
		160	.438	2.624	4.213	.03755	.916	.687	16.86	8430	14.32
		XX	.600	2.300	5.466	.02885	.916	.602	12.95	6475	18.58
3½	4.0	5S	.083	3.834	1.021	.08017	1.047	1.004	35.98	17,990	3.48
		10S	.120	3.760	1.463	.07711	1.047	0.984	34.61	17,305	4.97
		40ST, 40S	.226	3.548	2.680	.06870	1.047	0.929	30.80	15,400	9.11
		80XS, 80S	.318	3.364	3.678	.06170	1.047	0.881	27.70	13,850	12.50
4	4.5	5S	.083	4.334	1.152	.10245	1.178	1.135	46.0	23,000	3.92
		10S	.120	4.260	1.651	.09898	1.178	1.115	44.4	22,200	5.61
		40ST, 40S	.237	4.026	3.17	.08840	1.178	1.054	39.6	19,800	10.79
		80XS, 80S	.337	3.826	4.41	.07986	1.178	1.002	35.8	17,900	14.98

Fuente: (Perry, 2001)

Anexo 7-3: Correlaciones de potencia para diversos impulsores y deflectores



Correlaciones de potencia para diversos impulsores y deflectores (véase las dimensiones D_a , D_t , J y W).

Curva 1. Turbina de seis aspas planas ; $D_a/W = 5$; cuatro deflectores cada uno con $D_t/J = 12$.

Curva 2. Turbina abierta de seis aspas planas; $D_a/W = 8$; cuatro deflectores con $D_t/J = 12$.

Curva 3. Turbina abierta de seis aspas a 45° ; $D_a/W = 8$; cuatro deflectores con $D_t/J = 12$.

Curva 4. Propulsor; inclinación $2D_a$. cuatro deflectores con $D_t/J = 10$; también es válida para el mismo propulsor en posición angular y desplazado del centro sin deflectores.

Curva 5. Propulsor; inclinación $= D_a$. Cuatro deflectores con $D_t/J = 10$; también es válida para un propulsor en Posición angular desplazada del centro sin deflectores.

Fuente: (Perry, 2001)

Anexo 8-1: NORMA NTE INEN-ISO 3219



Quito – Ecuador

NORMA
TÉCNICA
ECUATORIANA

NTE INEN-ISO 3219

Primera edición
2014-01

PLÁSTICOS. POLÍMEROS/RESINAS EN ESTADO LÍQUIDO, EN EMULSIÓN O EN DISPERSIÓN. DETERMINACIÓN DE LA VISCOSIDAD CON EL VISCOSÍMETRO ROTACIONAL, CON UNA VELOCIDAD DE DEFORMACIÓN EN CIZALLA DEFINIDA (ISO 3219:1993, IDT)

PLASTICS. POLYMERS/RESINS IN THE LIQUID STATE OR AS EMULSIONS OR DISPERSIONS. DETERMINATION OF VISCOSITY USING A ROTATIONAL VISCOSIMETER WITH DEFINED SHEAR RATE (ISO 3219:1993, IDT)

Correspondencia:

Esta Norma Técnica Ecuatoriana es una traducción idéntica de la Norma Internacional ISO 3219:1993.

DESCRIPTORES: Plástico, polímero, resina, ensayo, determinación, viscosidad.
ICS: 83.080.20

16 Páginas

© ISO 1993– Todos los derechos reservados
© INEN 2014.

Prólogo nacional

Esta Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN-ISO 3219 es una traducción idéntica de la Norma Internacional ISO 3219:1993, "*Plastics. Polymers/resins in the liquid state or as emulsions or dispersions. Determination of viscosity using a rotational viscosimeter with defined shear rate*", la fuente de la traducción es la norma adoptada por AENOR. El comité nacional responsable de esta Norma Técnica Ecuatoriana y de su adopción es el Comité Interno del INEN.

© ISO 1993 – Todos los derechos reservados
© INEN 2014

2014-0651

i

1 OBJETO Y CAMPO DE APLICACIÓN

Esta Norma Internacional establece los principios generales de un método de ensayo para la determinación de la viscosidad de los polímeros y de las resinas (que se presentan bajo forma líquida, emulsión o dispersión) por medio de un viscosímetro con una rotación y geometría normalizadas y con una velocidad de deformación en cizalla definida.

Las determinaciones de viscosidad efectuadas conforme a esta norma consisten en establecer la correlación entre el esfuerzo de cizalla y la velocidad de deformación en cizalla. Los resultados obtenidos con los distintos instrumentos conformes con esta norma son comparables, y se aplican, tanto para los instrumentos con cizalla controlada, como para los aparatos con esfuerzo controlado.

2 NORMAS PARA CONSULTA

La siguiente norma contiene las disposiciones que, por medio de la referencia hecha en este texto, constituyen disposiciones válidas para esta Norma Internacional. En el momento de la publicación, la edición a la que se hace referencia se hallaba en vigor. Toda norma está sujeta a revisiones y los acuerdos basados en esta Norma Internacional tienen la posibilidad de hacer referencia a la última edición de la norma abajo citada. Los miembros de CEI e ISO tienen registros de las Normas Internacionales que están en vigor en un momento dado.

ISO 219:1977 – *Plásticos. Atmósferas normalizadas para acondicionamiento y ensayo.*

3 PRINCIPIO DEL MÉTODO

Se mide la viscosidad de un fluido de muestra usando un viscosímetro rotacional de características definidas, que permita medir, simultáneamente, la velocidad de deformación en cizalla y el esfuerzo de cizalla aplicado.

La viscosidad η se determina utilizando la siguiente ecuación:

$$\eta = \frac{\tau}{\dot{\gamma}}$$

Donde

τ es el esfuerzo de cizalla;

$\dot{\gamma}$ Es la velocidad de deformación en cizalla.

De acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI), la unidad de viscosidad dinámica es el pascal segundo (Pa · s):

$$1 \text{ Pa} \cdot \text{s} = 1 \text{ N} \cdot \text{s/m}^2$$

NOTAS

- 1 Los símbolos están de acuerdo con la Norma ISO 31-3:1992, *Magnitudes y unidades. Parte 3: Mecánica*.
- 2 Cuando la viscosidad depende de la velocidad de deformación en cizalla a que ha sido efectuada la medida, es decir, $\eta = f(\dot{\gamma})$, se dice que el fluido posee un comportamiento no newtoniano. Los fluidos cuya viscosidad no depende de la velocidad de deformación en cizalla se considera que tienen un comportamiento newtoniano.

INFORMACIÓN COMPLEMENTARIA

Documento: NTE INEN-ISO 3219	TÍTULO: PLÁSTICOS. POLÍMEROS/RESINAS EN ESTADO LÍQUIDO, EN EMULSIÓN O EN DISPERSIÓN. DETERMINACIÓN DE LA VISCOSIDAD CON EL VISCOSÍMETRO ROTACIONAL, CON UNA VELOCIDAD DE DEFORMACIÓN EN CIZALLA DEFINIDA (ISO 3219:1993, IDT)	Código: ICS 83.080.20
---	--	---------------------------------

ORIGINAL: Fecha de iniciación del estudio: 2013-11-25	REVISION: La Subsecretaría de la Calidad del Ministerio de Industrias y Productividad aprobó este proyecto de norma Oficialización con el Carácter de por Resolución No. Publicado en el Registro Oficial No. Fecha de iniciación del estudio:
--	--

Fechas de consulta pública: 2013-11-27 al 2013-12-12

Comité Interno del INEN: Fecha de iniciación: 2013-12-13 Integrantes del Comité Interno:	Fecha de aprobación: 2013-12-13
---	--

NOMBRES: Eco. Agustín Ortiz (Presidente) Ing. José Luis Pérez	INSTITUCIÓN REPRESENTADA: DIRECCION EJECUTIVA COORDINACIÓN GENERAL TÉCNICO
--	---

Ing. Paola Castillo
Ing. Tatiana Briones

Ing. Laura González
Ing. Bolívar Cano
Ing. Gonzalo Arteaga (Secretaría Técnica)

DIRECCIÓN DE NORMALIZACIÓN
DIRECCIÓN DE VALIDACIÓN Y
CERTIFICACIÓN
DIRECCIÓN DE METROLOGÍA
DIRECCIÓN DE REGLAMENTACIÓN
DIRECCIÓN DE NORMALIZACIÓN

Otros trámites: Compromiso Presidencial N° 20549 del 08 de junio del 2013, para el fortalecimiento de normas del Instituto Ecuatoriano de Normalización – INEN

La Subsecretaría de la Calidad del Ministerio de Industrias y Productividad aprobó este proyecto de norma

Oficializada como: Voluntaria
Registro Oficial No. 158 de 2014-01-09

Por Resolución No. 13532 de 2013-12-20

**Instituto Ecuatoriano de Normalización, INEN - Baquerizo Moreno E8-29 y Av. 6 de
Diciembre Casilla 17-01-3999 - Telf.: (593 2) 2 501885 al 2 501891 - Fax: (593 2) 2 567815**
Dirección Ejecutiva: E-Mail: direccion@inen.gob.ec
Dirección de Normalización: E-Mail:
normalizacion@inen.gob.ec
Regional Guayas: E-Mail: inenguayas@inen.gob.ec
Regional Azuay: E-Mail: inencuenca@inen.gob.ec
Regional Chimborazo: E-Mail:
inenriobamba@inen.gob.ec [URL:www.inen.gob.ec](http://www.inen.gob.ec)

Anexo 9-3: Formulación de Resina

PINTURAS "PINTUGLOBAL"	
FÓRMULA	
PRODUCTO: Homopolímero Vinílico BIOCol	Código: 9P10309
COLOR: NA	MERMA:
USO: Fabricación de pegantes	Volumen: 2971 L
CLIENTE: Producto Comercial	PESO: 3000 kg

ADICIÓN	PESO Kg
	Al reactor cargar.
10	Agua 1000 Kg
	Iniciar agitacion, abrir las llaves de calentamiento adicionar lo siguiente
20	9A10103 Indol NW 1.0 Kg
	Calentar hasta 75-80 C luego adicionar lentamente por el ma-hole lo siguiente
30	9A10101 Airvol 540 62.5 Kg
	A esta temperatura mantener por unos 40 minutos aproximadamente
	Control en proceso: Sacar muestra realizar trazo en vidrio verificar ausencia de grumos
	Luego adicionar el resto de agua
40	Agua 599 Kg
	Adicionar lo siguiente por el man-hole
50	9T10105 Tergitol NP 10 8.94 kg
	Adicionar por el man-hole la solucion compuesta por
60	9B10401 Bicarbonato de sodio 2.5 kg
70	Agua 10 Kg
	Cargar al tanque de monómeros las posiciones 80 y 110
	Calentar el reactor hasta 55 C Cerrar el pso de vapor
	Adicionar en 30 minutos aproximadamente lo siguiente
80	9V10101 VAM 105 Kg
	Terminado la adicion cargar
90	9P10109 Persulfato de Potasio 1.00 Kg
100	Agua 10 Kg
	Dejar que por exotermia la temperatura suba a 66 C, e iniciar la adicion de
110	9V10101 VAM 1000 Kg
	Esta adicion se la debe hacer en alrededor de 6 horas en un flujo aproximado de 0.3 cm/min
	Simultaneamente se debe adicionar aun flujo de aprox 0.2 cm/min la solución compuesta por
120	9P10109 Persulfato de Potasio 2.00 Kg
130	Agua 190 Kg
	La temperatura debe mantenerse entre 74-76 C durante el proceso
	Una vez terminada la adicion cerrar las llaves de enfriamiento y dejar por una hora
	de digestión, tomar muestra y chequar monomero libre y estabilidad mecanica, si el % de
	monómero libre es > que 0.5 adicionar de 0-0.5 Kg de persulfato de potasio
	enfriar a 50 C, luego adicionar lo siguiente
140	9D10101 DBP 8.5 Kg
	Homogenizar por 15 min y tomar muestra para chequear sólidos, viscosidad y pH
PARAMETROS DE CONTROL PARA ASEGURAMIENTO DE CALIDAD	
PARA APROBACION Y AUDITORIA	
% de solidos a 105 C	36-38
Viscosidad	30000-40000
pH	4-5
Descargar filtrado por filtro grueso	
PESO TOTAL	3000 Kg
DENSIDAD	1.01 g/cc
VOLUMEN	2971 L

Elaborado por: PADILLA, Alex, 2017